U d'/of OTTAWA
39003006145170

Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
University of Toronto

http://archive.org/details/oeuvrescompltesv13pt2huyg

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

CHRISTIAAN HUYGENS

PUBLIÉES PAR LA

SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES

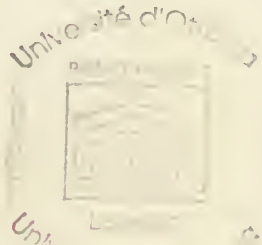
TOME TREIZIÈME

DIOPTRIQUE

1653; 1666; 1685—1692.

FASCICULE II 1685—1692.

LA HAYE
MARTINUS NIJHOFF
1916



DIOPTRICA.

II.

1685—1692.

LA DIOPTRIQUE.

TROISIÈME PARTIE. DES TÉLESCOPES ET DES MICROSCOPES.

1685—1692 [1].

DES TÉLESCOPES.

Préface [2].

Parmi les matières traitées dans notre doctrine de la réfraction la première et la principale est la théorie des téleſcopes: ces inſtruments ſont d'une invention merveilleuſe et perſonne ne pourrait choiſir des termes trop élevés pour en faire reſſortir l'importance. En effet, ſi nous ne tenons pas compte en ce moment des autres uſages dont il ſera parlé plus tard [3], quel ſervice conſidérable ne nous ont-ils rendu dans la contemplation des corps céleſtes, en nous ouvrant la voie à des obſervations qui avaient été abſolument impoſſibles ſans cet inſtrument! Par ce moyen beaucoup de choſes admirables ont été découvertes dans la nature; pour le dire en un mot, la conſtitution de l'univers nous a été révélée de ſorte que la poſition de notre terre dans l'eſpace et celle de nous-même qui l'habitons ont été reconnues et confirmées avec beaucoup plus de certitude qu'auparavant. Il me ſemble qu'aucune connaiſſance plus belle ou plus utile n'a été acquiſe par l'induſtrie humaine. Et s'il avait exiſté un homme ſi intelligent qu'il eût pu faire cette découverte en ſe baſant ſur des principes de phyſique et de géométrie, je croirais devoir dire que par ſon intelligence il ſe ſerait élevé au deſſus de la nature humaine. Mais il en a été tout autrement: la compoſition de cet inſtrument ingénieux a été trouvée par haſard et les hommes les plus inſtruits n'ont pas encore pu en donner une théorie ſatisfaiſante..

---

[1]) Il est souvent difficile de déterminer les dates des différentes parties qui constituent cette „Pars tertia". Nous savons pourtant qu'elles doivent avoir été rédigées toutes après 1666, puisqu'on ne les rencontre pas encore dans la copie de Niquet, sur laquelle on peut consulter l'„Aperçu général" qui constitue le début de l'„Avertissement". Nous reviendrons quelquefois dans les notes sur ces questions de date. Disons seulement ici qu'en général les parties qui traitent les télescopes ont été rédigées ou révisées vers 1685 et la plupart de celles qui

DIOPTRICA.

[PARS TERTIA. DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS.]

[1685—1692.] [1])

[DE TELESCOPIIS.]

[Præfatio.] [2])

Primum ac præcipuum eorum quæ in hac refractionum doctrina tractantur Telescopiorum est ratio; magni inprimis inventi, cujus præstantiam pro dignitate nemo satis deprædicaverit. Ut enim cæteras utilitates prætercam de quibus postea dicetur [3]), quantum hoc est, in cælestium contemplatione ad ea viam aperuisse, quæ nulla alià ratione investigari poterant. Unde et rerum naturæ mirabilia multa patuerunt, et totius denique mundi constitutio, ut qua regione tellus hæc nostra, nosque qui eam incolimus positi simus, multò quam ante certius compertum comprobatumque sit. Qua cognitione nihil mihi majus meliusve hominum solertia perfectum esse videtur. Quod si quis tanta industria extitisset ut ex Naturæ principijs et Geometriæ hanc rem eruere potuisset, eum ego supra mortalium sortem ingenio valuisse dicendum crederem. Sed hoc tam longe abest, ut fortuito reperti artificij rationem non adhuc satis explicare potuerint viri doctissimi.

---

se rapportent aux microscopes vers 1692.

[2]) La Préface qui suit n'a jamais reçu la numération rouge dont il est question dans l'„Avertissement"; mais puisqu'elle fut écrite, sans aucun doute, pour servir d'introduction à la Partie de la Dioptrique qui traite les télescopes, nous n'avons pas hésité à suivre l'exemple de De Volder et Fullenius qui l'ont insérée dans leur édition de 1703 des „Opuscula postuma". Elle peut d'ailleurs être datée avec certitude de 1685, puisque les télescopes sans tube y sont mentionnés comme une invention récente et le „Systema Saturnium" comme ayant paru il y avait 26 ans.

Nous possédons de cette Préface deux leçons assez différentes et un avant-projet. Nous suivrons ici la leçon la plus achevée, choisie aussi par De Volder et Fullenius; mais on trouvera l'avant-projet et l'autre leçon dans les Appendices I et II à la présente Partie de la Dioptrique.

[3]) On n'en trouve rien dans la „Dioptrique".

Quelques-uns attribuent l'honneur de la première invention, due d'ailleurs au hafard comme je l'ai dit, à Jacob Metius, hollandais et citoyen d'Alkmaar. Mais, quant à moi, je fais certainement [1]) qu'avant lui, vers la neuvième année de ce fiècle, un artifan habitant Middelbourg en Zélande a fabriqué des télefcopes, foit que ce fût celui dont Sirturus fait mention [2]), favoir Joh. Lippersheim, ou bien celui auquel Borellus décerne la palme dans fon opufcule fur le véritable inventeur du télefcope [3]), favoir Zacharias. Les plus grands tubes fabriqués par ces artifans à cette époque n'étaient que d'un pied et demi. Mais longtemps avant ces deux inventeurs Joh. Bapt. Porta de Naples avait fuggéré les rudiments de cet art: il exifte de cet auteur un ouvrage fur la Dioptrique et la Magie Naturelle [5]) publié pas moins de 15 ans avant que les télefcopes furgirent dans notre patrie, les Pays-Bas. Dans cet ouvrage il eft fait mention de fes lentilles (qu'il appelle „fpecilla") qui font voir les objets éloignés comme s'ils fe trouvaient à petite diftance, et il parle de la combinaifon des lentilles concaves et convexes [7]). Mais que Porta n'avait pas fait de grand progrès, cela eft prouvé par le fait qu'en tant d'années l'art dont les premiers commencements avaient été trouvés ne s'eft pas développé et que Porta lui même n'a obfervé au ciel aucun des phénomènes qui y ont été vus plus tard. Ceci doit être attribué, fans doute, au fait que l'invention était due à des expériences fortuites. Car quoique Porta poffédât quelques connaiffances mathématiques, il n'avait pas faifi cependant les théories fort fubtiles fur lefquelles l'art optique eft bafé, de forte qu'il ne pouvait parvenir à cet art par la méditation; à plus forte raifon cela devait être impoffible aux artifans peu instruits dont j'ai parlé plus haut. Mais qu'on ait fait cette invention par un heureux hafard, cela n'a rien d'étonnant, attendu qu'on faifait depuis plus de trois fiècles un fréquent ufage des deux efpèces de lentilles, à l'aide defquelles, prifes féparément, les défauts des yeux peuvent être corrigés. Il y a plutôt lieu de s'étonner qu'une chofe fi aifée à découvrir foit reftée cachée fi longtemps.

---

[1]) Voir l'Appendice III à la présente Partie de la „Dioptrique". D'ailleurs nous n'entrerons pas à cette occasion dans les questions qui se rattachent à l'invention du télescope.

[2]) Voir l'ouvrage cité dans la note 5, p. 221 du T. I.

[3]) Voir l'ouvrage cité dans la note 2, p. 487 du T. I.

[4]) Au-dessus de ce mot on trouve, comme leçon alternative, le mot „tradiderat".

[5]) Il s'agit de l'ouvrage: „Jo. Baptistæ Portæ Neapolitani Magiæ Naturalis Libri Viginti, Ab ipso quidem authore ante biennium adaucti, nunc vero ab infinitis, quibus editio illa scatebat mendis, optime repurgati: in quibus scientiarum Naturalium divitiæ & deliciæ demonstrantur. Accessit Index, rem omnem dilucidè repræsentans, copiosissimus. Francofurti, Apud Andreæ Wecheli heredes, Claudium Marnium & Joann. Aubrium. MDXCI."

[6]) Leçon alternative: „ostendentibus".

[7]) On trouve, en effet, dans l'ouvrage de Porta au „Lib. XVII. De Catoptricis.", p. 597, un

Sunt qui inventionis, ſed uti dixi fortuitæ, primæ laudem Jacobo Metio Batavo Alcmariæ civi tribuant. Mihi vero certo compertum eſt [1]) ante ipſum teleſcopia fabricaſſe artificem quendam Medioburgenſem apud Zelandos circa annum hujus ſæculi 9. ſive is fuerit cujus Sirturus meminit [2]) Joh. Lippersheim nomine, ſive cui Borellus in libello de vero Teleſcopij repertore primas defert [3]) Zacharias. Hi tunc non majores ſeſquipedalibus tubos factitabant. Utroque vero multo prior rudimenta artis ſuggeſſerat [4]) Joh. Bapt. Porta Neapolitanus, cujus exſtant de rebus dioptricis, et Magia Naturali, libri [5]) totis 15 annis ante editi quam in Belgio noſtro teleſcopia exorirentur. In quibus libris de ſpecillis (ut vocat) ſuis memorat res procul poſitas quaſi propinquæ eſſent referentibus [6]), deque conjunctione cavarum et convexarum lentium [7]). Nihil tamen magnopere eum profeciſſe, hoc ipſum probat quod tanto tempore ars jam cœpta non ultra inclaruit, neque ipſe Porta quidquam in cælo obſervavit eorum quæ poſtea apparuerunt. Hoc inde eſt quod fortuitis experimentis originem inventi deberi conſtat. Neque enim hic vir licet mathematicarum aliquatenus gnarus ſubtiliſſimas [8]) rationes quibus ars ea pro fundamentis utitur comprehenderat, ut meditatione eam eruere poſſet, multoque minus illi quos ante memoravi homines opifices ac ſcientiarum rudes. Fortuna vero et caſu eodem perventum nihil mirum eſt, cum frequens uſus eſſet jam a trecentis atque amplius annis utriuſque generis lentium quibus ſeorſim adhibitis vitia oculorum emendantur. ut potius mirandum ſit tam diu rem obviam latuiſſe.

„Caput. XI. De specillis, quibus supra omne cogitatum quis conspicere longissime queat.", qui débute comme il suit: „Non omittemus rem admirabilem, & longe utilissimam. Quomodo lusciosi, ultra quam credi possit, longissime conspicere queant. Diximus de Ptolemæi speculo, sive specillo potius, quo per sexcentena millia pervenientes naves conspiciebat, & quomodo id fieri poterit, docere tentabimus, ut per aliquot millia passuum cognoscere amicos possimus, & visu debiles legere minimos characteres è remoto." Toutefois, dans ce chapitre, écrit de la manière obscure qui est propre à Porta, il n'est question que d'un miroir concave, et l'artifice de combiner deux ou plusieurs verres n'est mentionné que dans le „Caput X. De cristallinæ lentis effectibus.", p. 595—597, où l'on lit:

„Lente crystallina epistolam remotam legere.

...Et si lentes multiplicare noveris, non vereor quin per centum passus minimam literam conspiceris, ut ex una in alteram maiores reddantur characteres: debilis visus ex visus qualitate specillis utatur. Qui id rectè sciverit accomodare, non parvum nanciscetur secretum. possumus:

„Lente crystallina idem perfectius efficere.

Concavæ lentes, quæ longe sunt, clarissime cernere faciunt, convexæ propinqua; unde ex visus commoditate his frui poteris. Concavo longe parva vides, sed perspicua, convexo propinqua majora, sed turbida, si utrunque recte componere noveris, & longinqua & proxima majora & clara videbis. Non parum multis amicis auxilii præstitimus, qui & longinqua obsoleta, proxima turbida conspiciebant, ut omnia perfectissime contuerentur"...

[8]) Leçon alternative: „reconditas".

D'ailleurs, auſſitôt que le bruit de l'invention des téleſcopes hollandais s'était répandu, Galilée en conſtruiſit de ſemblables et bientôt après de beaucoup meilleurs, à l'aide deſquels il obſerva le premier les célèbres phénomènes céleſtes qu'on connaît: il aperçut les montagnes et les vallées de la Lune, les taches du Soleil et à l'aide de celles-ci la rotation du Soleil ſur lui-même, les planètes ſatellites de Jupiter, les phaſes de Vénus ſemblables à celles de la Lune, et la diverſité des grandeurs apparentes de cette planète; la Voie lactée remplie d'une multitude de petites étoiles qui lui donnent ſon éclat; la différence entre les diamètres des étoiles fixes et ceux des planètes et un nombre d'étoiles ſurpaſſant de beaucoup celui de celles qu'on connaiſſait dans les temps anciens [3]). Le même ſavant avait observé auſſi les phénomènes de Saturne auſſi bien qu'il le pouvait avec ſes téleſcopes de petites dimensions, mais il n'était pas parvenu à reconnaître les véritables figures de cette planète, et pendant bien des années après lui perſonne n'y a mieux réuſſi. Car quoique les téleſcopes fuſſent devenus beaucoup plus grands, leur qualité et leur puiſſance étaient reſtées à peu près les mêmes. C'eſt nous qui avons eu le bonheur d'attaquer ce problème ſous de meilleurs auſpices: ayant accompli une étude approfondie [4]) de la théorie de la réfraction des rayons et conſtruit nous-mêmes à notre propre uſage des lentilles et des téleſcopes longs de vingt pieds et davantage [5]). À leur aide nous avons découvert des formes non encore remarquées de Saturne et leur cauſe, un anneau entourant le globe tel qu'il ne s'en rencontre chez aucune autre planète, et nous avons trouvé auſſi un petit ſatellite de la planète Saturne tournant autour d'elle en une période de ſeize jours. Tout ceci a été écrit par nous dans un livre deſtiné à ce ſujet et publié il y a 26 ans [6]). Excités par nos obſervations, des aſtronomes et des artiſans ont conſtruit bientôt après de plus grands télescopes, parmi lesquels ceux qui ont été fabriqués à Rome par Joſeph Campani [7]) ſont les meilleurs. À l'aide de ces inſtruments le ſieur Caſſini a réuſſi heureuſement à obſerver, dix ans après, deux nouveaux ſatellites de Saturne [8]) outre celui que nous avions trouvé. Le même ſavant a découvert à la ſurface des planètes Jupiter et Mars certaines taches et a pu conclure de leurs mouvements aux périodes de révolution de ces planètes [9]).

Voilà jusqu'où cette noble invention nous a conduits; voilà le résumé des merveilles céleſtes que le téleſcope a révélées aux habitants de la terre. Quel homme, à moins qu'il ne ſoit abſolument ſtupide, ne reconnaît pas la grandeur et l'importance de ces découvertes? Et quelle perſonne initiée aux études philoſophiques ne comprend pas combien ces nouvelles connaiſſances ont jeté une vive clarté sur nos conceptions de la nature de l'univers? Certes, nous pouvons être reconnaiſſants envers le ſiècle où nous vivons pour la connaiſſance de choſes ſi importantes acquiſe ſeulement en ce dernier temps. Quel prix ces ſavants illuſtres, qui par un eſpace

[1]) Leçon alternative: „effecit".

[2]) Leçon alternative: „intuitus est".

Cæterum ut primum Telescopiorum Belgicorum fama sparsa erat continuo Galileus similia illis, ac brevi multo præstantiora paravit [1]), quibus celeberrima illa cæli phænomena omnium primus deprehendit [2]): Lunæ montes vallesque, Solis maculas, et ex his conversionem ejus in semet ipsum, Planetas Jovis comites, Phases Veneris quales Lunæ, variasque ad aspectum magnitudines; Viam lacteam minutis stellulis refertam, unde candoris causa. Differentiam stellarum inerrantium inter et planetarum diametros, atque illarum numerum antiquitus cognito multo majorem [3]). Idem Galileus Saturni quoque phænomena observaverat, quà licebat in illa perspicillorum suorum parvitate, veras autem planetæ figuras adsecutus non erat, sed neque quisquam alius multis post ipsum annis. Etsi enim magnitudine multum creverant tubi, parum tamen virtute et efficacia processerant. Nos autem magis auspicato rem eandem aggressi, cum quæ ad refractiones radiorum attinent studiose investigassemus [4]), ipsique nobis lentes effecissemus ac telescopia pedes viginti et amplius longa [5]), his Saturni formas non ante visas deprehendimus causamque earum annulum globo circundatum, nullo in cæteris planetis exemplo. item comitem Saturno planetam exiguum reperimus dierum sexdecim periodo circumeuntem, quæ omnia ante annos 26 libro singulari conscripta edidimus [6]). Nostris autem observationibus excitati astronomi atque artifices majora subinde telescopia paraverunt, in quibus optima quæ a Josepho Campano [7]) Romæ fabricata. Quorum opera feliciter usus decennio post duos alios præter nostrum illum comites apud Saturnum reperit dom. Cassinus [8]). Idemque in Jovis ac Martis sideribus maculas quasdam observavit, ex quarum motu etiam globorum quibus inerant conversiones statis temporibus definitas [9]).

Et hactenus quidem adhuc processit nobile hoc artificium, hæcque summa est eorum quæ de rebus cælestibus terrarum incolis revelavit. Quæ magna ac præclara esse quis nisi plane stupidus non agnoscit? Quanta vero ad naturæ contemplationem lux hinc exorta sit, quis non philosophiæ studijs initiatus intelligit? Certe gratari sæculo huic nostro possumus propter tantarum rerum nunc demum acquisitam scientiam: quam quo non pretio redemissent viri illi eximij, non

---

[3]) On lit encore en marge „in luna non esse maria nec fluvios nec nubes".

[4]) Leçon alternative: „jam perspectum haberemus", mais puisque la première leçon, que nous avons suivie dans le texte, fut soulignée, il est clair que Huygens lui donna la préférence.

[5]) Comparez la note 1 de la p. 335.

[6]) Il s'agit du „Systema Saturnium" (voir la note 2, p. 441 du T. II) qui parut en 1659.

[7]) Voir sur Giuseppo Campani la note 10, p. 46 du T. III.

[8]) C'est-à-dire le premier en 1671, le second en 1672, voir l'ouvrage cité dans la note 3 p. 310 du T. VII.

[9]) Leçon alternative: „certis periodis definit". Cassini publia sur ces découvertes divers ouvrages cités dans la note 5 de la p. 194 du T. V et dans la note 9 de la p. 47 du T. VI.

de peu d'années en ont été exclus, Copernic, Régiomontanus, Brahé n'auraient-ils pas voulu payer pour entrer en poſſeſſion de ces connaiſſances! Et les anciens cultivateurs de la ſcience, Pythagore, Démocrite, Anaxagore, Philolaüs, Platon, Hipparque, combien de terres étrangères n'euſſent-ils pas parcourues pouſſés par le déſir d'apprendre à connaître de tels ſecrets de la nature et de pouvoir jouir de pareils ſpectacles! Mais peut-être devons-nous nous attendre à contempler bientôt, outre ceux dont nous avons parlés, encore d'autres spectacles nouveaux et nombreux, depuis que nous avons réuſſi, il y a peu de temps, à faire disparaître par notre invention [1]) le grand inconvénient réſultant du trop grand poids et des trop fortes dimenſions des tubes; en effet, nous avons ſupprimé entièrement ces tubes, de ſorte que des télescopes de 100 ou de 200 pieds peuvent maintenant être maniés auſſi aiſément qu'autreſois ceux de dix pieds; et ſurtout depuis que pluſieurs perſonnes ont commencé à cultiver l'art de polir de fort grandes lentilles, laquelle étude, après un long intervalle, nous avons auſſi repris nous-mêmes [2]) avec tant de ſuccès que nous ne nous en ſommes pas repentis. Mais venons-en aux cauſes et aux propriétés de cet œil factice, dont nous ne poſſédons pas juſqu'ici une explication aſſez claire.

En effet, on n'eſt pas parvenu juſqu'à ce jour à ce qui eſt le plus important dans cette matière, c'eſt-à-dire à la connaiſſance de la nature et de la grandeur du groſſiſſement de l'objet viſé, étant données la forme et la poſition des lentilles. Kepler n'a point enſeigné cela, quoiqu'il ſoit digne de beaucoup de louanges à cauſe des explications de phénomènes dioptriques qu'il a données le premier. Descartes ne fut pas plus heureux que lui; en vérité il s'écarta plutôt de la bonne route dans les démonſtrations qu'il voulut donner de la nature et de l'effet du téleſcope [3]). Ceci eſt à peine croyable d'un homme ſi intelligent et ſi verſé dans ces choſes; il fallait néanmoins le dire afin que perſonne n'eſſaye vainement de comprendre des phraſes dont on ne peut tirer aucun ſens raiſonnable. Beaucoup d'autres auteurs après lui ſe ſont donné de la peine pour arriver au même but; cependant ils n'ont pas réuſſi mieux que lui à réſoudre le problème en queſtion qui eſt ici d'une importance fondamentale. Nous commencerons donc maintenant par la diſcuſſion de ce problème; nous le traiterons ſéparément pour chaque eſpèce de téleſcope.

Nous avons démontré généralement dans ce qui précède [3]) comment on peut calculer le groſſiſſement lorſque la forme et la poſition de deux lentilles quelconques ſont données ainſi que l'endroit où ſe trouve l'oeil. Mais puiſqu'il ne s'agit actuellement que de conſidérer les cas qui ſe préſentent chez les téleſcopes, nous pourrons arriver plus rapidement aux mêmes réſultats. Nous parlerons d'abord des téleſcopes compoſés d'une lentille convexe et d'une lentille concave, leſquels

[1]) Voir l'ouvrage cité dans la note 1, p. 488 du T. VIII.

[2]) Depuis août 1683 les frères Huygens, Christiaan et Constantijn, s'occupaient beaucoup (voir les pp. 430—441 du T. VIII et les pp. 18—21, 25 et 26 du T. IX) du perfectionnement

longo annorum intervallo hinc exclusi Copernicus, Regiomontanus, Braheus. Veteres autem illi sapientiæ cultores Pythagoras, Democritus, Anaxagoras, Philolaus, Plato, Hipparchus quas non exteras terras peregrinando pervagati essent hujusmodi naturæ secretorum noscendi amore, utque talibus frui possent spectaculis. Fortasse autem et alia plura ac nova præter ea quæ diximus propediem exspectanda sint, postquam nupero invento nostro [1]) ingens incommodum ex nimia tuborum mole ac pondere ortum, atque adeo ipsos tubos, sustulimus, ut nihilo difficilius nunc centenum vel ducentorum pedum telescopia quam antea decempedalia tractentur. utique cum et expoliendarum amplissimarum lentium artem plures jam excolere cœperint, cujus nos quoque studium longo tempore intermissum repetijmus, nec pœnitendo successu [2]). Sed jam ad caussas proprietatesque factitij hujus oculi pergamus, quas non satis feliciter hactenus expositas habemus.

Quod enim hic præ cæteris requirebatur ut data lentium forma ac positu ex his modus mensuraque amplificandæ rei visæ definiretur, id hactenus præstitum non est. Nam neque Keplerus hoc docuit, etsi multa laude dignus ob ea quæ in dioptricis primus explicuit, neque illo felicior fuit Cartesius, imo ut vere dicam a via potius aberravit in his quæ de ratione et effectu telescopij demonstranda susceperat [3]). Quod vix credibile de tanto viro, tamque in his rebus versato, tamen dicendum fuit, ne quis frustra ea intelligere laboret e quibus nulla apta [4]) sententia elici potest. Cum vero alij multi post eum in eodem argumento operam insumserint, nihilo magis tamen idem problema quod in his omnium præcipuum est absolverunt. Ab eo nunc nos ordiemur idque in singulis telescopiorum generibus expediemus.

Ostendimus autem in superioribus [5]) in universum data forma et positu duarum quarumlibet lentium, itemque oculi loco, quomodo augmenti ratio cognoscatur. At quia nunc illos tantum casus quos telescopia requirunt exequi necesse est [6]), brevius idem conficiemus. Ac primum quidem in illo telescopiorum genere quod è convexa et cava lente componitur omniumque primum fuit inventum. Requi-

---

d'une machine pour polir et façonner les lentilles, de laquelle on trouve la description dans les „Commentarij de formandis poliendisque vitris ad telescopia" qui parurent en 1703 dans les „Opuscula postuma", mais qui furent rédigés en 1685 (voir les lettres de Constantijn du 19 août 1685, pp. 590 et 591 du T. IX). C'est à l'aide de cette machine que les deux frères réussirent, en 1683, à fabriquer de bonnes lentilles de 34 pieds de distance focale et, en 1685, à en faire d'autres jusqu'à 85 pieds dont plusieurs sont encore en possession de l'Observatoire de Leiden (voir la note 5, p. 475 du T. VIII et la note 4, p. 12 du T. IX); plus tard ils allaient jusqu'à 120, 170 et même 210 pieds (voir les pp. 51, 88 et 94 du T. IX).

[3]) Comparez la Prop. XI, Part. I, Liv. II, p. 225—229.

[4]) Leçon alternative: „sana".

[5]) Voir la Prop. V, Part. I, Liv. II, p. 187—197.

[6]) Leçon alternative: „volumus"; mais celle du texte fut soulignée plus tard.

furent inventés les premiers de tous. Or, tous les téleſcopes exigent en premier lieu une telle poſition des lentilles qu'il en réſulte une viſion diſtincte. Mais pour qu'ils groſſiſſent les objets, il faut pour ces téleſcopes compoſés de deux lentilles que la lentille extérieure soit convexe et que la lentille oculaire ait des ſurfaces convexes ou concaves faiſant partie d'une plus petite ſphère [1]).

Proposition I [2]).

Le téleſcope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave fait apercevoir les objets éloignés diſtinctement et debout; il les groſſit dans un rapport égal à celui de la diſtance focale de la lentille convexe à la diſtance du point de diſperſion de la lentille concave [3]).

Soit [4]) AO [Fig. 1] l'axe commun des deux lentilles, A la lentille convexe extérieure et O ſon point de concours pour les rayons parallèles provenant d'un objet ſitué à grande diſtance. Suppoſons que D repréſente la lentille concave placée de telle manière entre la lentille A et ſon foyer O que le point de diſperſion des rayons parallèles, arrivant ſur elle du côté où ſe trouve le point O, tombe préciſément en O. Et puiſſe l'oeil du ſpectateur ſe trouver d'abord fort près de cette lentille concave.

Les rayons iſſus d'un point de l'objet ſitué à grande diſtance ſont cenſés tomber parallèlement ſur la lentille A et ceux en particulier qui proviennent d'un point ſitué ſur le prolongement de l'axe ſeraient dirigés vers le point O; toutefois ils ſortiront de nouveau parallèles à cause de la réfraction due à la lentille D placée comme nous l'avons dit, ainſi que cela réſulte des démonſtrations antérieures. Nous voulons, en effet, obtenir que les rayons arrivent parallèlement à l'oeil, afin que le téleſcope s'adapte à ceux qui jouiſſent d'une bonne conſtitution de l'oeil; car plus

[1]) Le manuscrit fait suivre encore ce que nous donnons dans cette note. On peut le considérer comme une autre leçon, de date postérieure, du début de la Prop. I qui suit: „Sit lens exterior convexa A, ocularis cava B, oculus D "[non pas marqué dans la figure]„; lentis A focus sit C, idemque punctum dispersus lentis B, radiorum nempe parallelorum inde ubi est oculus advenientium, quo fit viciſſim ut qui refractione lentis A tendunt ad C punctum, denuo paralleli fiant postquam lentem B transierint, unde distincta visio consequitur. Hæc vero radiorum flexio priore figura exhibetur, in qua radij paralleli, in A lentem incidentes, ex uno quopiam rei visæ ac longissime distantis puncto manare intelligi debent (habentur enim pro parallelis ob ingentem distantiam licet revera non sint); qui refracti tendunt ad punctum C, et a lente B intercepti rursus paralleli efficiuntur. Similiter vero a singulis rei visæ punctis aliæ atque aliæ series radiorum inter

runt vero primo eam lentium positionem telescopia omnia, ut distincta visio sequatur. ut vero auctiora referant quæ spectantur, necesse est in his quæ duabus lentibus constituuntur ut exterior convexa sit, ejus vero quæ est oculo propiore minori sphæra sit sive convexitas sive cavitas [1]).

[Fig. 1.]

[Propositio I.] [2])

Telescopium ex convexa et cava lente compositum visibilia longinqua, distinctè ac recto situ videri facit, amplificatque secundum rationem foci distantiæ lentis convexæ ad distantiam puncti dispersus lentis cavæ [3]).

Sit [4]) utriusque lentis axis communis AO; lens verò exterior convexa A, cujus punctum concursus radiorum parallelorum, à visibili longè remoto venientium, ponatur O punctum. Cava autem sit D, quæ sic collocetur inter lentem A et focum ejus O, ut punctum dispersus radiorum parallelorum à parte ea ubi est O in ipsam incidentium, cadat in idem punctum O. Et huic lenti proximus primò statuatur spectantis oculus.

Radij igitur a puncto rei longinquæ egressi censentur paralleli incidere in lentem A, ij quidem qui ex puncto in axe producto procedunt cogerentur ad punctum O; sed rursus paralleli evadent opera lentis D, ita ut dictum est collocatæ, uti ex supra demonstratis constat. Parallelos enim radios ad oculum pervenire volumus, ut bona oculi constitutione fruentibus telescopium aptetur; nam de myope

---

se, non autem his quas diximus, parallelorum in lentem A deferri intelligendæ, qui paralleli ad totidem puncta juxta C posita, colligantur, atque itidem refractione cavæ lentis B ad parallelismum redigantur, itaque oculo occurrant.

Ajoutons qu'on trouvera dans l'Appendice IV à la présente Partie de la Dioptrique une leçon antérieure du même début qui doit être datée de 1667 d'après le lieu où elle se trouve à la p. 156 du Manuscrit C.

[2]) Il est possible que cette Prop. et les deux qui suivent aient été rédigées entièrement, ou en partie, bien avant 1685, mais toujours après 1666; voir la note 1, p. 434.

[3]) L'en-tête de la proposition présente et les trois alinéa's qui suivent ont à une certaine époque été rayés par Huygens; mais plus tard il a ajouté en marge: „non delenda".

[4]) À propos de cet alinéa et des deux qui suivent Huygens annota en marge: „hæc sit prima demonstratio telescopij ex convexo et cavo".

[Fig. 1.] loin nous parlerons du myope. Or, de la même manière les faisceaux de rayons provenant de points fort éloignés placés hors de l'axe se réuniraient aux points correspondants près de O, si, par la réfraction due à la lentille D, les rayons de chaque faisceau n'étaient pas de nouveau rendus parallèles entre eux, quoique obliques par rapport à l'axe AD; comme cela résulte de la Prop. XXII, Part. I, Liv. I [1]). Nous n'avons pas tracé ces rayons dans la figure pour éviter la confusion.

Or, il est évident d'après ce qui a été démontré à la Prop. I, Part. I, Liv. II [2]) que le grossissement et la position de l'image, lorsque les deux lentilles sont en place, seront les mêmes qu'au cas où, au lieu de la lentille D, il y aurait une petite ouverture; mais dans ce dernier cas le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie est égal au rapport des longueurs AO et OD, comme cela a été démontré à la Prop. II, Part. I, Liv. II [3]). Et d'après la même proposition l'objet est vu debout. La même chose aura donc lieu dans le cas du télescope composé des lentilles A et D. Mais lorsque l'oeil s'éloigne de la lentille D, la grandeur apparente de l'objet demeure la même d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II [4]), et la vraie grandeur ne change pas non plus puisque l'objet se trouve par hypothèse à grande distance. Le grossissement reste donc le même qu'auparavant. Or, la position de l'image reste également la même d'après la proposition citée.

Mais s'il s'agit d'adapter un télescope de ce genre à l'oeil d'un myope, on a vu [5]) qu'il faut rapprocher la lentille oculaire D, et avec elle l'oeil de l'observateur, un peu plus de la lentille A; parce qu'on obtiendra ainsi que les rayons n'arrivent plus à l'oeil parallèlement mais en divergeant. Il en résulte que le grossissement sera un peu moindre pour l'oeil myope qu'au cas précédent, vu que le point O reste en place et qu'en conséquence l'intervalle DO devient plus grand, tandis que le grossissement est toujours exprimé par le rapport AO : OD.

C'est là [6]) la démonstration la plus courte du théorème principal. Nous prouverons encore d'une autre façon la partie de ce théorème qui se rapporte au grossissement de l'objet, de sorte qu'il ne sera pas nécessaire de recourir à la Prop. V, Part. I, Liv. II [7]). Supposons donc que les lentilles AC et D et le point O

---

[1]) Voir la p. 111 du Tome présent.
[2]) Voir la p. 173.
[3]) Voir la p. 175.
[4]) Voir la p. 233.
[5]) Voir la Prop. I, Part. I, Lib. III, à la p. 247.
[6]) Ce qui va suivre faisait primitivement partie d'une autre version de la même proposition, qui débutait comme il suit:

Telescopium ex convexa et cava lente compositum, visibile longinquum recto situ refert, amplificatque secun-

dicemus poſtea. Similiter vero a punctis longinquis extra axem poſitis manantes colligerentur quique ad puncta ſua prope O, ſed et hi lentis D refractione evadent denuo paralleli quamvis ad axem AD obliqui, ſecundum prop. [XXII, Part. I, Lib I] [1]) quos radios tamen in figura non expreſſimus, vitandæ confuſionis gratia.

Jam ex demonſtratis prop. [I, Part. I, Lib. II] [2]) patet eandem fore amplificationem et poſitum, manente lente utraque, atque cum loco lentis D foramen exiguum ſtatuetur; tunc vero magnitudinis apparentis ad veram ea eſt ratio quæ AO ad OD, ut oſtenſum prop. [II, Part. I, Lib. II] [3]), et ex eadem viſibile erectum ſpectatur. Ergo eadem hìc fiunt teleſcopio ex lentibus A, D compoſito. Quod ſi vero retrocedat oculus ab lente D, eadem remanet rei viſæ magnitudo apparens ex prop. [XIII, Part. I, Lib. II] [4]). nec vera mutatur, quia viſibile longinquum ponitur. Ergo eadem quæ prius manet amplificatio. Sed et poſitus idem ex eadem prop. [XIII].

Quod ſi myopi aptandum ſit hujuſmodi teleſcopium, paulo propius admovendam eſſe conſtat [5]) lenti A lentem ocularem D unàque oculum ſpectatoris; quoniam ſic fiet ut non jam paralleli ut antea radij perveniant ad oculum, ſed divergentes. Hinc vero paulo minus augmentum continget myopi quam prius cum punctum O maneat, eoque intervallum DO creſcat, ratio vero augmenti ſit ſemper ea quæ AO ad OD.

Et [6]) hæc quidem primarij theorematis breviſſima eſt demonſtratio. Cujus partem eam quæ ad amplificationem rei viſæ attinet aliter quoque demonſtrabimus, ut nihil opus ſit prop. [V, Part. I, Lib. II] [7]). Poſitis igitur ut ante

---

dum rationem foci distantiæ lentis convexæ ad distantiam puncti dispersus lentis cavæ.

Rationem apparentis magnitudinis ad veram in omni conjugatione duarum lentium præcedenti Theoremate" [Prop. V, Part. I, Lib. II, p. 187] „exposuimus, quo et Telescopium utrumque et Microscopium comprehenditur. Nunc casus eos qui ad Telescopia attinent alia faciliori demonstratione tractabimus, absque multiplici illa analogiæ compositione. ac præcipue eos lentium positus adferemus, quibus fit ut radij a puncto rei longinquæ egressi perveniant paralleli ad oculum, quoniam hoc modo ijs quibus absque vitio visus est telescopium aptatur, faciliusque tunc ampliatio definiri potest."

Puis après Huygens annota en marge à propos de ce début: „hæc non erant hic dicenda" et il indiqua la place qu'il destinait à ce qui va suivre par la phrase „Hæc post ea quæ initio pag. 76.2"; indication à laquelle nous donnons suite.

En haut de la même page du manuscrit on lit encore: „tantum parva ex cavo et convexo utilia esse. etiam amplissima apertura. Corriguntur colores; sed de hoc ubi de quatuor convexis" (voir la Prop. V, p. 469).

[7]) Voir la p. 187.

ſoient ſitués comme auparavant, conſtruiſons une troiſième proportionnelle DP [Fig. 3] aux deux lignes DO et DA, et portons-la dans le même ſens que DO. Des rayons quelconques tels que ECP, ſe dirigeant vers le point P, et réfractés par la lentille AC ſeront amenés, d'après la Prop. XX, Part. I, Liv. I [1]), à ſe réunir au point D, centre de la lentille placée là. Suppoſons que ce rayon ECP faſſe partie d'un faiſceau provenant du bord gauche de la lune, le centre de la lune ſe trouvant ſur le prolongement de l'axe DA. Il paraît que ce rayon atteindra la pupille de l'oeil en ſuivant la droite CDF, attendu qu'il paſſe par le centre D de la lentille dont l'épaiſſeur eſt négligée et dont les deux ſurfaces près de leurs points centraux ſont conſidérées comme parallèles [3]). Or, nous avons dit que tous les rayons provenant de ce point de la lune arrivent parallèlement à l'oeil. L'oeil les reçoit donc tous parallèles au rayon CDF; il voit, par conſéquent, ce point, ſitué ſur le bord de la lune, à l'endroit vers lequel ſe dirige la droite DC; et comme cette droite eſt ſituée du côté de l'axe où ſe trouve le point de la lune d'où les rayons ſont partis, il paraît que les objets ſeront vus debout. Or, l'angle ADC correſpond au demi-diamètre de la lune groſſie par le téleſcope. Mais l'angle CPA eſt celui qui correſpond au même demi-diamètre vu à l'oeil nu, puiſque le rayon ECP, comme nous l'avons dit, part du bord gauche de la lune, tandis que le rayon HAP part du centre; car, à cauſe de la diſtance très grande, la lune apparaît ſous le même angle, ſoit qu'on la contemple à l'oeil nu du point P, ſoit du point G. Le groſſiſſement a donc lieu ſuivant le rapport de l'angle ADC à l'angle APC, lequel eſt ici conſidéré comme égal au rapport de la droite PA à DA. Mais comme on a d'après la conſtruction DO : DA = DA : DP, on aura, par inverſion et par compoſition, AO : OD = PA : AD. Le rapport qui exprime le groſſiſſement a donc la valeur AO : OD; ce qu'il fallait démontrer.

On voit de plus que le groſſiſſement ne dépend aucunement du choix de l'endroit derrière la lentille où l'oeil eſt placé.

Conſidérons [4]) de nouveau les lentilles AC [Fig. 4] et D, placées comme

---

[1]) Voir la p. 99. D'après cette proposition P est le point auquel correspondent les rayons réfractés partant du point D. Donc en invertissant le sens dans lequel ces rayons sont parcourus on trouve que les rayons qui se dirigeaient vers P se réuniront en D après leur réfraction par la lentille.

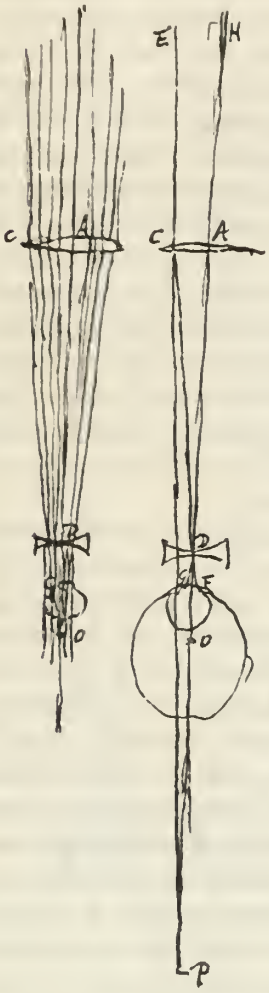
[2]) Lisez: „sinistro".

[3]) Comparez la Prop. XXIII, Part. I, Liv. I, p. 119.

[4]) Ici commence une troisième démonstration de la même proposition. Elle fut introduite sur la page en question du manuscrit par l'alinéa suivant, rayé depuis: „Cæterum quia hoc positu lentium quem exhibuimus, paralleli radij ad oculum feruntur qui a

lentibus AC et D et puncto O, ſiat duabus DO, DA, tertia proportionalis DP [Fig. 3], ponenda in eandem partem ac DO. Jam radij quilibet ad punctum P tendentes ut ECP et a lente AC refracti, cogentur ad punctum D lentis hic poſitæ centrum ex prop. [XX, Part. I, Lib. I] [1]). Ponamus iſtum ECP radium eſſe unum ex ijs qui a dextro [2]) lunæ latere egrediuntur, cum centrum Lunæ ſit in producto axe DA. Et conſtat quidem hunc recta linea CDF ad oculi pupillam perventurum, quia per centrum lentis D tranſit, cujus mediæ craſſitudo pro nulla habetur, et duæ ejus ſuperficies ibidem pro parallelis [3]). Diximus autem omnes a puncto illo lunæ procedentes inter ſe parallelos ad oculum deferri. Itaque ſic omnes recipit oculus ut radio CDF paralleli incedant; ac propterea punctum illud in lunæ latere videt eo loco quo tendit recta DC, quæ cum in eandem partem axis tendat ad quam ſitum eſt punctum lunæ unde radij advenere, apparet erectas exhiberi res viſas. Porro angulus ADC definit ſemidiametrum lunæ teleſcopio auctæ. Sed angulus CPA eſt is quo nudo oculo iſte ſemidiameter comprehenditur, quia radium ECP à dextro [2]) lunæ latere exire diximus, radium vero HAP, a centro ejus, nam ſive e puncto P, ſive ex G luna ſpectetur nudo oculo eodem angulo apparet propter maximam diſtantiam. Itaque amplificatio contingit ſecundum rationem anguli ADC ad APC, quæ cenſetur hic eadem ac rectæ PA ad DA; ſed quia ex conſtructione eſt DO ad DA ut DA ad DP, erit invertendo et componendo AO ad OD ut PA ad AD. Ergo jam amplificationis ratio eſt quæ AO ad OD; quod erat demonſtrandum.

[Fig. 2.] [Fig. 3.]



Apparet autem hic nihil referre quantum ad amplificationem quo loco poſt lentem oculus conſtituatur.

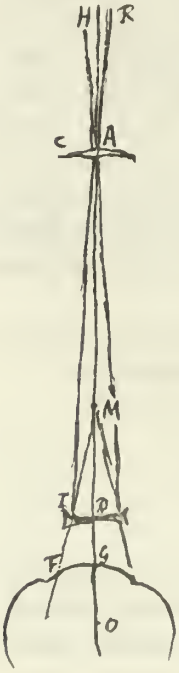
Ponantur [4]) rurſus lentes AC [Fig. 4] et D ut ante,

puncto quolibet rei visæ dimanant, ac proinde unum illorum radiorum perſequendo, inclinationemque ejus ultimò refracti respectu axis lentium investigando cognoscitur angulus apparentis augmenti, poterimus pluribus modis propositum absolvere."

auparavant et ſuppoſons que AQ ſur le prolongement de leur axe ſoit égale à AO. Prenons parmi les rayons qui nous arrivent d'un point du bord droit de la lune le rayon RQC qui, paſſant par le point Q (car il doit y avoir un rayon paſſant par ce point), rencontre la lentille AC au point C. Ce rayon deviendra enſuite parallèle à l'axe AD et après avoir été réfracté de nouveau par la lentille concave D il divergera comme s'il provenait d'un point L, et ſe dirigera vers l'oeil en ſuivant la droite LIF, de ſorte que la diſtance LD ſera égale à la diſtance DO, parce qu'alors L eſt le point de diſperſion des rayons parallèles tombant ſur la lentille D.

Or, le rapport du groſſiſſement ſe calcule dès lors facilement. Attendu que les rayons iſſus d'un point ſitué ſur le bord droit de la lune arrivent parallèlement à la pupille GF après avoir traverſé les deux lentilles et qu'ils deviennent donc tous parallèles au rayon LIF que nous ſavons faire partie de ce faisceau, le point conſidéré de la lune ſera aperçu ſuivant la droite IL et l'angle ILD correſpondra par conſéquent au demi-diamètre de la lune. Mais l'angle ſous lequel on verra ce demi-diamètre à l'oeil nu, ſoit du point D, ſoit du point Q, eſt RQH ou CQA. Le rapport du groſſiſſement eſt donc celui de l'angle DLI à l'angle AQC, c'eſt-à-dire, de la droite AQ à la droite LD, à cauſe de l'égalité des longueurs AC et DI. Mais AQ eſt égale à AO et LD eſt égale à DO. Le groſſiſſement eſt donc exprimé par le rapport AO : OD; ce qu'il fallait démontrer.

[Fig. 5.]



Le même théorème peut encore être démontré par la conſidération des rayons qui ſe coupent au centre A de la lentille AC [1]). Il ſuffit de ſuivre la marche du rayon RA, qui repréſente dans la figure [Fig. 5] un des rayons qui proviennent du bord droit de la lune; ce rayon, d'après la Prop. XXIII, Part. I, Liv. I [2]), traverſera la lentille nommée ſans changer de direction, attendu que nous négligeons ſon épaiſſeur. Rencontrant enſuite la lentille concave au point I, le rayon divergera, après avoir été réfracté par cette lentille, comme s'il provenait du point M qu'on trouve en conſtruiſant une troiſième proportionnelle AM aux deux longueurs AO et AD, comme cela reſſort de la Prop. XX, Part. I, Liv. I [3]). Par conſéquent, les rayons qui nous arrivent d'un point ſitué ſur le bord droit de la lune devront de nouveau tous ſe mouvoir parallèlement à MIF, parce que, comme nous l'avons remarqué plus haut, ces rayons arrivent parallèlement à l'oeil après avoir été réfractés par les deux lentilles. Il s'enſuit que ce point devra être aperçu ſuivant la droite FIM. On en conclut que le groſſiſſement ſera exprimé par le rapport de l'angle DMI à l'angle DAI ou HAR. Or, le rapport des angles DMI à DAI eſt égal à l'inverſe du rapport AD : DM lequel eſt égal au rapport AO : OD, puiſque les trois longueurs AO, AD et AM forment une proportion. Le théorème eſt donc de nouveau démontré.

[Fig. 4.]

et ſit AQ in axe earum producto æqualis AO. Accipiamus jam ex radijs ijs qui a puncto lateris dextri lunæ adveniunt radium RQC qui per Q punctum tranſiens (aliquis enim eo tranſibit) occurrat lenti AC in C. Is hinc parallelus ſiet axi AD, et refractione altera lentis cavæ D diverget ac ſi veniret a puncto L, et ad oculum feretur ſecundum rectam LIF, ut nempe diſtantia LD ſit æqualis DO, quia tunc L eſt punctum diſperſus parallelorum in lentem D incidentium.

Proportio autem auctæ magnitudinis facile jam hic colligitur. Quia enim radij a puncto in latere lunæ dextro egreſſi perveniunt paralleli ad pupillam GF, poſtquam utramque lentem pervaſere, omneſque propterea paralleli ſiunt radio LIF, quem conſtat eſſe eorum unum; percipietur illud lunæ punctum ſecundum rectam IL, ac proinde angulo ILD ſemidiameter lunæ comprehendetur. At vero angulus quo ſemidiameter ſpectabitur oculo nudo ſive ex D ſive ex Q, eſt RQH, ſive CQA. Ergo ratio augmenti eſt ea quæ anguli DLI ad AQC, hoc eſt, quæ rectæ AQ ad LD, propter æquales AC, DI. Sed AQ eſt æqualis AO, et LD æqualis DO. Eſt ergo ratio augmenti ea quæ AO ad OD; quod erat oſtend.

Poteſt idem rurſus demonſtrari ex interſectione radiorum quæ in A centro lentis AC contingit [1]). Sequendo nimirum radium RA unum in hac figura [Fig. 5] eorum qui ex lunæ dextro latere adveniunt, qui recto curſu lentem hanc penetrabit, cum pro nulla habeatur ejus craſſitudo, per prop. [XXIII, Part. I, Lib. I] [2]). Deinde occurrens lenti cavæ in I ita ejus refractione diverget, ac ſi a puncto M exiret, quod invenitur ponendo duabus AO, AD tertiam prop. AM ut conſtat ex prop. [XX, Part. I, Lib. I] [3]). Itaque rurſus hic radij qui a puncto in latere dextro lunæ adveniunt, quoniam, poſt utriuſque lentis refractionem, paralleli ad oculum feruntur, ut ſupra fuit animadverſum, debebunt omnes ipſi MIF paralleli ferri, eoque punctum illud conſpici ſecundum rectam FIM. Unde jam intelligitur rationem amplificationis fore eam, quæ anguli DMI ad DAI ſeu HAR. Eſt autem ang. DMI ad DAI reciproce ut AD ad DM, hoc eſt ut AO ad OD, quia proportionales factæ AO, AD, AM. Itaque rurſus conſtat propoſitum.

---

[1]) On trouvera dans l'Appendice V, p. 594, une démonstration bien plus élaborée, de date inconnue, fondée sur les mêmes raisonnements.

[2]) Voir la p. 119.

[3]) Voir la p. 99.

De cette manière Defcartes aurait pu établir la théorie du télefcope mieux que par la confidération de l'interfection des rayons qui a lieu à la furface de la lentille extérieure; interfection dont il croyait devoir fe fervir [1]), ce qui n'eft pourtant nullement néceffaire, comme cela fe voit bien d'après les démonftrations données ici. Il faut dire auffi que l'expofition qu'on lit dans fa Dioptrique [3]) eft entachée de plufieurs erreurs de même que fa figure: jamais il n'aurait pu conclure de là à la valeur du groffiffement. Ignorant cette valeur il a auffi conçu, au fujet de l'efficacité du télefcope, une efpérance beaucoup plus grande que ne le permet la nature des chofes. En effet, il eftimait que fi l'induftrie des artifans parvenait à exécuter ce qu'enfeigne la théorie nous ferions en état d'obferver fur les corps céleftes des chofes auffi particulières et auffi petites que celles que nous voyons autour de nous fur la terre. Il n'était pas pourtant fans favoir que le diamètre de la lentille extérieure doit furpaffer la largeur de la pupille dans un rapport égal au groffiffement, afin que tous les objets foient vus par le télefcope auffi bien éclairés qu'à l'oeil nu [5]). Or je trouve que, lors même qu'on fe contenterait du quart de la clarté primitive, l'ouverture de la lentille extérieure devrait furpaffer le diamètre de la terre, fi l'on exige que les objets fitués fur Jupiter nous apparaiffent comme s'ils fe trouvaient à une diftance de 40 pieds [6]). Il en réfulte qu'il y a ici une difficulté dont on ne peut pas triompher par le travail des mains [7]).

Proposition II.

Faire connaître l'amplitude de l'angle vifuel, c'eft-à-dire de l'efpace aperçu d'un feul regard, par un télefcope compofé d'une lentille convexe et d'une lentille concave.

---

[1]) Voir le passage cité dans la note 2 de la p. 228 du Tome présent.

[2]) Leçons alternatives: „involuta est", „laborat"; mais celle du texte est soulignée.

[3]) Consultez encore à ce sujet la note 1 de la p. 224 et la p. 229.

[4]) Leçon alternative „elicere".

[5]) Voici le passage auquel Huygens fait allusion ici. On le trouve à la p. 160 du T. VI de l'édition des Oeuvres de Descartes, mentionnée dans la note 1 de la p. 224: „Puis... lors qu'on se sert des lunetes dont nous venons de parler, d'autant qu'elles rendent la prunelle inutile, & que c'est l'ouuerture par où elles reçoiuent la lumiere de dehors qui fait son office, c'est elle aussy qu'on doit eslargir ou estrecir, selon qu'on veut rendre la vision plus forte ou plus foible. Et il est a remarquer que, si on ne faisoit point cete ouverture plus large qu'est la prunelle, les rayons agiroient moins fort contre chasque partie du fonds de l'oeil, que si on ne se seruoit point de lunetes: & ce, en mesme proportion que les images qu'ils y formeroient seroient plus grandes: sans couter ce que les superficies des verres interposés ostent de leur force."

[6]) Voici le passage où Huygens a fait ce calcul, lequel suivait les mots „in terra percipimus", mais qui fut rayé plus tard: „Sed aliud quam manuum industriam hic requiri calculo

Hac via cauſas teleſcopij melius inveſtigaſſet Carteſius, [quam] ex interſectione radiorum quæ fit in ſuperficie lentis exterioris, quâ interſectione ille utendum putabat [1]; quod tamen haudquaquam neceſſe eſſe ex ijs quæ hic oſtenſa ſunt ſatis liqeet. At nunc multiplici errore implicita eſt [2]) ejus expoſitio quæ in dioptricis legitur [3]), uti et ſchema ipſum, neque ex ijs unquam proportionem amplificationis colligere [4]) potuit. Cujus ignoratione majorem quoque multo quam rei natura patitur de teleſcopij efficacia ſpem concepit. Putabat enim ſi artificum induſtria præſtare poſſet quod ars docet, fore ut res tam particulares et minutas in aſtris videremus, quam ſunt eæ quas vulgo in terra percipimus. Cum tamen non neſciverit eadem proportione qua res viſæ amplificantur, etiam diametrum lentis exterioris ſuperare debere pupillæ latitudinem, ut lucida omnia teleſcopio æque ac nudo oculo ſpectentur [5]). Nam, licet jam quarta parte hujus claritatis contenti ſimus, invenio tamen [6]) aperturam illam lentis exteriorem Terræ diametro majorem eſſe debere, ſi res in Jove tanquam 40 pedibus diſtantes ſpectandas præbere poſtulet [6]). Ut appareat aliud quam manuum induſtriam hic requiri [7]).

[Propositio II.]

Quænam ſit amplitudo anguli viſorij ſeu ſpatij quod uno intuitu exhibet teleſcopium ex convexa et cava lente conſtructum.

---

facile evincitur. Putemus enim telescopium parandum quo res in Jovis Planeta tanquam 10 pedibus distantes discerni queunt. Jupiter in oppositu solis situs quadruplo plus a terra quam hæc a Sole distat. Terræ a Sole distantia est secundum nostrum et Peritiorum nostræ ætatis Astronomorum calculum, circiter 12000 Terræ diametrorum. Ergo a Jove acronychio 48000 talium diametrorum; diameter terræ amplius quam 40000000 pedum nostratium. Absumus ergo a Jove pedibus 1,920,000,000,000. Oportet autem telescopium nos deducat ad 10 pedum distantiam. Ergo res visæ diametrum augere debet secundum rationem 192,000,000,000 ad 1. Quod ut fiat, debebit diameter lentis exterioris esse ad latitudinem pupillæ in hac eadem ratione si postuletur æque lucidas res conspici telescopio ac nudo oculo. Sed putemus quartam partem ejus claritatis sufficere. Continebit ergo diameter lentis diametrum pupillæ toties quot sunt unitates in numero 48,000,000,000. Pupillæ vero diameter saltem $\frac{1}{444}$ pedis partem efficit. Ergo facta divisione per 144, fit numerus pedum quos haberet latitudo lentis 333,333,333, quæ major est quatuor Terræ diametris."

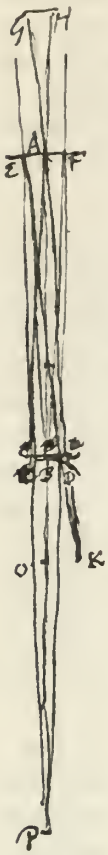
7) On trouve encore en marge „hic adde de parvitate aperturæ hujus telescopij pag. 76.2". Ajoutons qu'il ne s'agit pas de l'ouverture des télescopes de Descartes, m is du problème du champ de vision de la lunette hollandaise; problème traité dans la Prop. II qui suit Voir encore la note 1 de la p. 453.

L'amplitude de l'angle visuel dans ces télescopes dépend surtout de la grandeur de la pupille, comme on peut s'en convaincre par l'expérience. En effet, si l'on ferme d'abord l'oeil placé devant le télescope ce qui donne lieu à une grande dilatation de la pupille comme cela arrive généralement dans l'obscurité, et qu'on ouvre l'oeil ensuite, on embrassera du premier regard un champ circulaire plus vaste que bientôt après, attendu que ce cercle se rétrécira immédiatement, la pupille devenant plus petite par l'éclat de la lumière qu'elle reçoit. Et si l'on place devant l'oeil une lamelle percée d'un petit trou on apercevra encore moins d'objets.

Toutefois si l'on rend ce trou fort petit, la grandeur du cercle éclairé ne sera pas diminuée proportionnellement à la petitesse du trou; dans ce cas c'est l'ouverture de la lentille convexe qui détermine le diamètre du cercle en question, et, par conséquent, ce diamètre ne deviendra pas inférieur à une certaine grandeur à moins que la lentille convexe elle aussi ne soit rendue plus petite. Il est facile d'expliquer la cause de ces phénomènes. En effet, supposons que EF [Fig. 6] [1]) soit la lentille convexe, B la lentille concave, et que la pupille appliquée à cette dernière ait en premier lieu le diamètre CD; tirons à partir des points opposés C et D, situés sur le bord de la pupille, les droites CAH et DAG passant par le centre de la lentille convexe A; ces droites détermineront l'angle visuel GAH dans lequel on apercevra d'un seul regard tous les objets qui se présentent à la vue, puisque les rayons venant des points G et H et passant par le centre de la lentille A arrivent aux points C et D sans avoir été réfractés; par conséquent, les objets situés à l'intérieur de l'angle GAH ne peuvent manquer d'émettre des rayons qui atteignent l'oeil. Cela [2]) sera vrai même dans le cas où la pupille a une largeur un peu inférieure à DBC; en effet, tirons GAK de manière que AK soit égale à AO et joignons E et K: pourvu que EK atteigne la pupille, on verra chaque objet qui se trouve à l'intérieur de l'angle GAH. Mais les points extrêmes vers lesquels se dirigent les droites AG et AH seront vus obscurément, parce qu'une partie minimum seulement des rayons qu'ils envoient vers la lentille EF atteignera la pupille. Il en résulte que quelque petite que devienne l'ouverture de la lentille EF, l'amplitude de l'angle visuel ne diminue cependant de rien ou de fort peu seulement, pourvu que le cercle de la pupille ne se contracte pas. Mais lorsque la largeur de la pupille a diminué et qu'elle s'est réduite pour ainsi dire à un seul point, l'amplitude de l'angle visuel devient égale à celle de l'angle EPF, EF représentant l'ouverture de la lentille convexe et le point P étant trouvé comme dans la Prop. II, Part. I, Liv. II [3]), c'est-à-dire, en rendant proportionnelles les longueurs BO, BA et BP, où BO représente la distance de la lentille concave au foyer de la lentille convexe. En effet, aucun des rayons qui traversent la lentille A ne peut parvenir au point B de l'oeil à moins qu'avant de tomber sur cette lentille il ne se dirigeât vers le point P. Et l'amplitude du plus grand angle EPF formé par ces rayons est déterminée par l'ouverture de la lentille A.

A pupillæ magnitudine præcipuè pendet amplitudo anguli viſorij in hiſce teleſcopijs, idque experiri licet, nam ſi oculum teleſcopio admotum claudas primum, quo pupilla multum dilatetur ut in tenebris ſolet, deinde aperias, primo intuitu latiori orbe viſibilia comprehendes quam paulo poſt, quia ſtatim contrahetur orbis ob arctatam fulgore lucis pupillam. Quod ſi lamellam cum exiguo foramine oculo opponas, minori etiam copia rerum viſibilium frueris.

[Fig. 6.]



Veruntamen ſi minimum foramen efficias non pro ratione ejus exilitatis orbis lucidus arctabitur, ſed tunc apertura lentis convexæ amplitudinem ejus definit, quæ proinde non ultra certam quantitatem decreſcet niſi et lens convexa amplius coarctetur. Quorum ratio explicatu facilis eſt. Si enim lens convexa ſit EF [Fig. 6] [1]), cava B, cui applicata pupilla primò latitudinem habeat CD, ducanturque ab oppoſitis punctis C, D, quæ ſunt in pupillæ circumferentia, rectæ CAH, DAG, per centrum lentis convexæ A tranſeuntes; hæ definient angulum viſorium GAH, quo, quicquid rerum viſibilium comprehenditur, uno obtutu conſpicietur, quoniam per centrum lentis A radij a punctis G, H venientes abſque inflexione penetrant ad C et D; ideoque aſpectabilia intra angulum GAH comprehenſa non poſſunt quin ad oculum radios emittant. Imo [2]) etiamſi pupilla pauxillo anguſtior ſit quam DBC, nam ductâ GAK ut AK ſit æqualis AO, junctaque EK: dummodo EK in pupillam incidat, cernetur viſibile comprehenſum angulo GAH. obſcurè vero puncta extrema quo tendunt rectæ AG, AH, quia particula tantum radiorum quos in lentem EF mittunt, pupillam ingreditur. Atque hinc fit ut quantumvis in angustum apertura lentis EF contrahatur, nihil aut minimum tantum diminuatur anguli viſorij amplitudo, dummodo pupillæ orbis non coarctetur. Diminuta autem hac pupillæ latitudine, atque ad unum velut punctum redacta, anguli viſorij amplitudo fit ea quæ anguli EPF, poſita EF apertura lentis convexæ, et puncto P invento, ut in prop. [II, Part. I, Lib. II] [3]), ut nempe BO, (ea eſt diſtantia lentis cavæ a foco convexæ) BA, et BP ſint proportionales. Nulli enim radij, per lentem A tranſmiſſi, ad punctum oculi B pervenire poſſunt, niſi qui priuſquam in lentem illam inciderent tendebant ad punctum P. Eorum vero maximus angulus EPF apertura lentis A præfinitur.

---

[1]) Plus tard Huygens annota en marge: „Hæc absque nova figura adjici possunt ad unam e demonstrationibus hujus telescopij"; comparez la note 7 de la p. 451.

[2]) À propos de cette phrase (jusqu' au mot „ingreditur") Huygens annota en marge: „omitti potest hoc."

[3]) Voir à la p. 177 le début de la démonstration de cette proposition.

Proposition III.

Un téleſcope compoſé de deux lentilles convexes fait voir les objets éloignés diſtinctement mais renverſés; il les groſſit dans un rapport égal à celui de la diſtance focale de la lentille extérieure à la diſtance focale de la lentille intérieure.

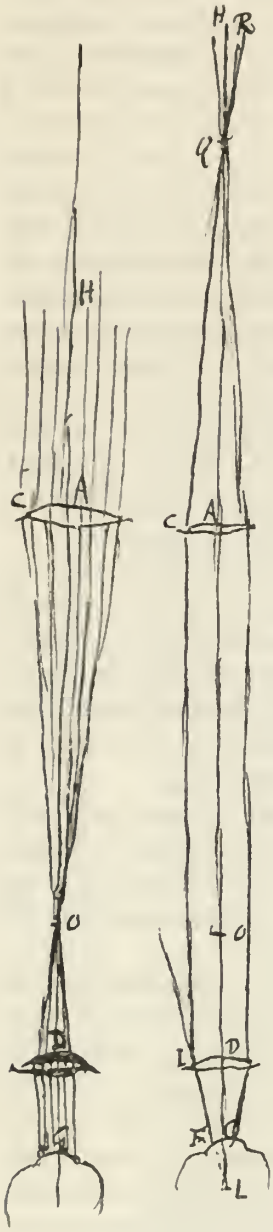
Soit AC la lentille convexe extérieure, D la lentille intérieure, la droite AD l'axe commun des deux lentilles, O le foyer de la lentille AC. Suppoſons l'autre lentille convexe D placée de telle manière que le même point O ſoit pour elle le foyer ou point de concours des rayons parallèles à l'axe AD venant du côté où ſe trouve l'oeil G. Il faut démontrer que dans ces conditions les objets fort éloignés ſont aperçus diſtinctement et renverſés et qu'ils ſont groſſis dans un rapport égal à AO : OD.

Il faut [1]) conſtruire de nouveau deux figures. Dans la première [Fig. 7] les rayons venant du dehors et parallèles à l'axe HA ſont amenés par la réfraction due à la lentille AC à ſe réunir dans ſon foyer O et, après avoir continué leur route juſqu'à la lentille D, deviennent de nouveau parallèles à l'axe AD de ſorte qu'ils parviennent dans cet état à l'oeil placé au point G. Il faut auſſi, comme dans la propoſition précédente [2]), ſe figurer que ce faiſceau de rayons parallèles émane d'un ſeul point de l'objet ſitué à grande diſtance, point qui ſe trouve ſur l'axe HAD et qui peut être, par exemple, le centre de la lune, et que des autres points, par exemple d'un point ſitué ſur le bord droit de la lune, partent ſemblablement vers la lentille AC des faiſceaux de rayons parallèles qui ſont inclinés par rapport au premier faiſceau; il s'enſuit qu'après avoir été réfractés, ces rayons ſont amenés à ſe réunir en un point ſitué en-dehors de l'axe près de O; enſuite, après s'être coupés en ce point et avoir atteint la lentille D, ils en ſortent de nouveau parallèles, je veux dire parallèles entre eux mais non pas à l'axe AD; c'eſt ainſi qu'ils parviennent à l'oeil. Ces conſidérations font voir que la viſion eſt diſtincte.

L'autre figure [Fig. 8] démontrera la poſition renverſée de l'image et la grandeur du rapport qui exprime le groſſiſſement. On y a tracé, comme plus haut, les lentilles convexes AC et D et entre elles leur foyer commun O; ſuppoſons en outre, comme dans la deuxième démonſtration [3]) ayant rapport au téleſcope précédent, que la diſtance AQ ſoit égale à la diſtance AO. Le reſte de la démonſtration procédera auſſi à peu près de la même façon. En effet, choiſiſſons parmi les rayons qui nous arrivent d'un point ſitué ſur le bord droit de la lune, le rayon RQC qui paſſe par le point Q. Après avoir été réfracté par la lentille AC, ce rayon ſuivra la voie CI

[1]) Plus tard Huygens a exprimé son intention de faire précéder ce qui suit par une démonstration du même genre que celle qu'on trouve au début de la Prop. I à la p. 445. C'est là, en effet, la portée de l'annotation qui suit, qu'on trouve en marge: „Sit hic demonstratio quæ sola figura prima opus habet. Posito primum oculo ad lentem D. deinde

[Fig. 7.] [Fig. 8.]



[Propositio III.]

Telescopium e duabus convexis lentibus compositum procul posita distinctè sed eversa ostendit, amplificatque secundum rationem foci distantiæ lentis exterioris ad foci distantiam interioris.

Sit lens exterior convexa AC, interior D, axis communis utrique recta AD. Focus lentis AC sit O. Altera vero convexa D ita collocata intelligatur ut idem punctum O sit ipsi focus seu punctum concursus radiorum axi AD parallelorum qui venirent a parte ea ubi est oculus G. Ostendendum est his positis res longe dissitas distincte et eversas spectari et augeri secundum rationem AO ad OD.

Duplex [1]) autem rursus describenda est figura, in quarum altera [Fig. 7] radij extrinsecus venientes, axi HA paralleli, refractione lentis AC cogantur ad focum ejus O, atque inde ulterius tendentes ad lentem D, denuo paralleli fiant axi AD, atque ita ad oculum in G positum perveniant. Rursus etiam sicut superiori propositione [2]) cogitandum hunc parallelorum complexum ab uno rei procul dissitæ puncto venire, quod sit in axe HAD, velut à centro Lunæ, ab alijs vero punctis ejus similes manare radiationes parallelas in lentem AC velut è latere Lunæ dextro, qui ad priores inclinentur, et hinc refracti cogantur ad punctum extra axem juxta O, ubi sese intersecantes, atque ad lentem D delati denuo paralleli evadant, inter se nempe non autem axi AD, atque ita ad oculum perveniant. Hinc itaque constat visionem distinctam fieri.

Altera porro figura [Fig. 8], situm visibilis eversum, et rationem augmenti ostendet. Ubi positis ut ante, lentibus convexis AC et D, et inter ipsas foco utriusque communi O; sit porro, ut in secunda [3]) demonstr.e Telescopij superioris, Distantia AQ æqualis AO. Et reliqua quoque demonstratio fere eodem modo procedet. Seligatur enim ex radijs qui e puncto in latere lunæ dextro adveniunt radius RQC qui per punctum Q transit. Is

remoto ad G vel quolibet."

[2]) Voir la Prop. I à la p. 447.

[3]) Il s'agit en vérité de la troisième qui commence en bas de la p. 447.

[Fig. 8.]

parallèle à AD; réfracté de nouveau par la lentille D il se dirigera suivant la droite IFL vers le point L pris de telle manière que la distance DL est égale à DO. Mais comme les rayons issus du bord droit de la lune, après avoir traversé les deux lentilles, arrivent parallèlement à l'oeil, comme nous l'avons dit plus haut, et que IFL est un de ces rayons, il s'ensuit que tous ces rayons atteignent l'oeil parallèlement à IFL. Par conséquent, ce point de la lune sera aperçu suivant la droite FI, et comme cette droite se dirige vers le côté opposé à celui d'où sont venus ces rayons il apparaît que l'image de la lune sera renversée, de sorte que le côté droit prendra la place du côté gauche et pareillement le bord supérieur celle du bord inférieur. Et comme le centre de la lune est vu suivant la droite DA, l'angle apparent sous lequel on voit le demi-diamètre de la lune sera l'angle ILD. Mais lorsqu'on regarde à l'oeil nu on aperçoit le même demi-diamètre sous l'angle HQR ou AQC. Le grossissement est donc exprimé par le rapport de l'angle AQC à l'angle DLI, c'est-à-dire de DL à AQ, à cause de l'égalité de AC et de DI, ou encore par le rapport de DO à OA. La proposition est donc démontrée.

Ici aussi il apparaît que la grandeur apparente est indépendante de la place de l'oeil derrière la lentille D [2]). Mais pour que l'oeil embrasse un vaste champ d'un seul regard le mieux sera de le placer au point L ou près de ce point, puisqu'il apparaît que, même lorsque la largeur de la pupille est fort petite, toute la lentille D, du moins lorsque son ouverture ne surpasse pas celle de la lentille AC (et on a coutume de la construire plus petite), est vue remplie d'images [3]).

En effet, nous ferons voir par la démonstration suivante qu'il existe un point un peu plus éloigné de la lentille D que le point L, tel que si l'on y place l'oeil on verra toute la lentille D briller d'images, même au cas où l'ouverture de la pupille ainsi que celle de la lentille AC sera fort petite [5]).

Disposons, par suite, les lentilles AC et D [Fig. 9] comme dans les cas précédents, de sorte que le point O soit leur foyer commun. Construisons une troisième proportionnelle AG aux deux longueurs AO et AD. Le point G sera donc situé à une plus grande distance de la lentille D que le point L, attendu que DL et DO sont égales. C'est au point G qu'il faudra placer l'oeil pour obtenir le résultat dont nous avons parlé.

Car si nous suivons de nouveau, comme dans la troisième démonstration [6]) ayant rapport au télescope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave, le rayon RA, l'un de ceux qui nous arrivent d'un point situé sur le bord droit de l'objet, et qui passe par le centre de la lentille AC [7]),

[1]) Lisez „DL ad AQ", et un peu plus bas „DO ad OA".

refractione lentis AC ibit per CI parallelam AD, et rurſus a lente D refractus tendet ſecundum rectam IFL ad punctum L, ita ſumtum ut diſtantia DL ſit æqualis DO. Quia autem radij a latere lunæ dextro, poſtquam per utramque lentem tranſierunt, paralleli perveniunt ad oculum, ut antea diximus, eorum vero unus eſt IFL, ſequitur eos omnes ipſi IFL parallelos in oculum incidere, eoque illud lunæ punctum percipietur ſecundum rectam FI; quæ cum ad partem oppoſitam vergat ejus unde hi radij advenere apparet ſitum lunæ inverti, ut dextra ſiniſtris, eoque et ſupera inferis mutentur. Porro cum centrum Lunæ ſecundum rectam DA conſpiciatur, erit apparens angulus ſemidiametri lunæ ILD. Nudo autem oculo idem ſemidiameter angulo HQR ſeu AQC comprehenditur. Ergo ratio amplificationis eſt quæ anguli AQC ad DLI, hoc eſt quæ AQ ad DL [1]), propter æquales AC, DI, hoc eſt, ea quæ AO ad OD; quare conſtat propoſitum.

[Fig. 9.]

Hic vero nihil quoque referre apparet quantum ad apparentem magnitudinem quo loco poſt lentem D oculus collocetur [2]). Sed ut multa uno intuitu oculus comprehendat ad punctum L vel prope ipſum optimè conſtituetur, quoniam apparet, etiamſi minima ſit pupillæ latitudo, totam tamen lentem D quatenus aperturam lentis AC non excedit (ſolet autem intra hanc menſuram conſiſtere), imaginibus plenam ſpectari [3]).

Oſtendemus autem ſequenti demonſtratione dari punctum paulo ultra L à lente D diſtans, ubi ſi collocetur oculus totam lentem D pictura lucentem [4]) aſpiciet, etiamſi minimæ fuerint tum pupillæ tum lentis AC apertura [5]).

Diſpoſitis enim ſicut ante lentibus AC, D [Fig. 9], ut focus earum communis ſit punctum O. Statuatur duabus AO, AD tertia proportionalis AG, unde punctum G ultra L diſtabit a lente D, cum DL, DO ſint æquales. Erit autem ad G ponendus oculus, ut fiat quod dictum eſt.

Si enim, ut in tertia [6]) demonſtratione teleſcopij ex convexa et cava compoſiti, ſequamur rurſus radium RA unum eorum qui ex puncto in dextro rei viſæ latere adveniunt quique incidit in centrum lentis AC [7]),

[2]) Voir la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233.

[3]) On peut comparer à ce sujet le § 10 (de 1686) de l'Appendice VI (p. 609), qui traite la détermination du champ de vision au cas où la pupille est supposée réduite à un seul point.

[4]) Leçon alternative, écrite au-dessus, „picturatam"; mais celle du texte fut soulignée plus tard.

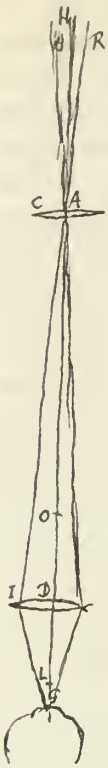
[5]) Comparez la note 1 de la p. 196.

[6]) Lisez „quaterna" et consultez le dernier alinéa de la p. 449.

[7]) Ici Huygens ajouta en marge: „Poterat et radius seligi qui per centrum ocularis ut in prima" [lisez: „secunda" et consultez le dernier alinéa de la p. 445 et la p. 447] „demonstr. telescopij prioris."

Or, cette démonstration sera mentionnée de nouveau un peu plus bas, où l'on trouvera la Fig. 10 qui y appartient.

[Fig. 9.]



ce rayon traverſera la lentille en ligne droite d'après la prop. XXIII, Part. I, Liv. I [1]), attendu que nous négligeons l'épaiſſeur de la lentille. Rencontrant enſuite la lentille D au point I et réfracté par cette lentille, le rayon conſidéré ſera dirigé vers le point G, centre de la pupille, attendu que les longueurs AO, AD et AG forment une proportion [2]). Par conſéquent, tout ce qu'on aperçoit à l'oeil nu ſous l'angle DAI ou HAR ſera aperçu dans la lentille D; de ſorte que l'amplitude du champ (comme on dit) dépend de la largeur de la lentille D quand même les ouvertures de la lentille A et de la pupille ſont pour ainſi dire des points et pareillement dans le cas où les deux ouvertures ſont plus grandes. Il faut ſavoir pourtant qu'il n'eſt pas bon d'employer une lentille D trop large à cauſe de l'inconvénient des couleurs dues à une trop grande réfraction, inconvénient dont nous parlerons plus loin [3]). Il ne faut pas non plus diminuer trop l'ouverture de la lentille AC, afin que l'image ne devienne pas obſcure; nous ferons connaître ailleurs [4]) la dimenſion qu'il eſt bon de lui donner. Mais ſi la pupille eſt contractée conſidérablement, comme ſi elle était placée devant une lamelle percée d'un trou tel qu'on peut le faire avec une épingle, la clarté de l'image s'en trouve à peine diminuée, puiſque les faiſceaux de rayons ou cônes lumineux partant de chaque point de l'objet ſont extrêmement minces en tombant ſur la lentille D et qu'ils reſtent tels en ſe dirigeant parallèlement vers l'oeil [5]).

Et on conclut ici aiſémentde nouveau que le groſſiſſement eſt égal au rapport de l'angle DGI à l'angle HAR ou DAI, c'eſt-à-dire, de AD à DG ou de AO à OD, attendu qu'on a DA : AO = GA : AD.

Cette même propoſition peut être prouvée d'une autre façon encore, analogue à celle de la première démonſtration [6]) ayant rapport au téleſcope compoſé d'une lentille concave et d'une lentille convexe: c'eſt-à-dire, en ſuivant la marche du rayon qui, iſſu d'un point de l'objet ſitué en dehors de l'axe du téleſcope, eſt conduit par la réfraction due à la lentille AC au centre de la lentille oculaire D. Cela eſt évident ſi l'on conſidère la figure ci-jointe [Fig. 10]; ſa conſtruction et la démonſtration qui s'y rapporte ſont les mêmes ici et au lieu indiqué [7]).

Les conſidérations précédentes font voir auſſi combien les téleſcopes compoſés de deux lentilles convexes ſurpaſſent ceux dont la lentille oculaire eſt concave, puiſqu'ils embraſſent d'un ſeul regard un champ beaucoup plus étendu. En effet, cette étroiteſſe du champ eſt déſagréable et abſolument incommode ſurtout lorſque les tubes ont une longueur ſupérieure à trois ou quatre pieds. C'eſt pourquoi, bien que ce télescope excellent, et célèbre à cause de tant de découvertes nouvelles, que poſſédait Galilée fut compoſé d'un verre convexe et d'un verre con-

[1]) Voir la p. 119.

is recta linea hanc penetrabit ſecundum prop. [XXIII, Part. I, Lib. I] [1]) cum pro nulla habeatur ejus craſſitudo. Deinde lenti D occurrens in I, cogetur hujus refractione ad punctum G, quod eſt pupillæ medium, propterea quod proportionales ſunt AO, AD, AG [2]). Itaque quicquid angulo DAI ſive HAR oculo nudo comprehenditur ſpectabitur in lente D; adeo ut campi (ut vocant) amplitudo jam pendeat a latitudine lentis D, licet aperturæ lentis A et pupillæ ſint veluti puncta. atque ita quoque omnino ſi utraque magis pateat. Sciendum vero neque lentem D nimis amplam eſſe adhibendam, propter incommodum colorum ex nimia refractione, de quo in ſequentibus dicetur [3]); nec [nimis] arctandam aperturam lentis AC, ne obſcuritas inducatur. certa autem menſura ejus alibi docebitur [4]). Pupilla vero licet appoſita lamellæ cum foramine, quantum acus facere poteſt, in anguſtum contrahatur, nihil fere lucis aufert, quoniam coni radioſi a ſingulis rei viſæ punctis manantes inſigni tenuitate ſunt cum incidunt in lentem D, quam retinentes inde paralleli ad oculum pergunt [5]).

[Fig. 10.]

Porro facile rurſus hic intelligitur proportionem ampliationis eſſe eam quæ anguli DGI ad HAR ſive DAI, hoc eſt eam quæ AD ad DG, ſive quæ AO ad OD, quia DA ad AO ut GA ad AD.

Atque hæc proportio aliter rurſus, ut in demonſtratione prima [6]) ex cavo et convexo comprobari poteſt, ſequendo radium illum qui a puncto rei viſæ extra axem teleſcopij poſito manans deducitur lentis AC refractione ad centrum lentis ocularis D. Hoc enim patet ex inſpecta figura [Fig. 10] hic adſcripta, in qua eadem eſt conſtructio ac demonſtratio quæ fuit illic [7]).

Hinc porro apparet quanto præſtent Teleſcopia ex convexis duobus compoſita ijs quorum lens ocularis cava eſt, cum tanto amplius ſpatium uno intuitu comprehendant. Eſt enim anguſtia illa ſpectaculi injucunda et prorſus incommoda præſertim ſi ultra tres quatuorve pedes tubi extendantur. Quare etſi Galilei egregium illud perſpicillum ac tot novis

---

[2]) Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

[3]) Voir la Prop. VII, p. 481.

[4]) Voir le Tableau des p. 497—499.

[5]) Comparez les calculs de la p. 509 qui suit, d'après lesquels, dans toutes les lunettes construites d'après les règles énoncées dans la Prop. VII, le diamètre des faisceaux sortants égale à peu près le tiers d'une „ligne de Rhijnland", c'est-à-dire, environ 0,73 mm.

[6]) Lisez „secunda" et consultez la note 1.

[7]) Ainsi le point P n'est autre que celui correspondant au point D par rapport à la lentille en A, de manière qu'on a DO : DA = DA : DP; donc aussi DO : OA = = DA : AP. Il s'ensuit que le grossisement pour lequel la figure nous donne AP : : AD peut s'exprimer aussi par OA : OD, ce qu'il fallait démontrer.

cave, aujourd'hui on n'emploie aucun téleſcope de ce genre ni pour obſerver les corps céleſtes ni pour regarder les objets terreſtres: on ſe ſert, en effet, uniquement de lunettes compoſées de verres convexes. Seules les lunettes fort courtes compoſées d'un verre convexe et d'un verre concave ſont reſtées en uſage; c'eſt-à-dire celles qui ont une longueur de 4 ou 5 pouces; pour des lunettes ſi courtes l'amplitude de l'angle viſuel qu'on trouve eſt tolérable. Dans de telles lunettes le groſſiſſement peut être exprimé environ par le nombre 4. Mais on ſe ſert même avec avantage d'un groſſiſſement qui n'eſt que double: dans ce cas on aperçoit tous les objets bien éclairés même à l'intérieur d'une maiſon. Et l'on voit les étoiles mieux qu'à l'oeil nu, et beaucoup d'étoiles ſimultanément, attendu que dans un téleſcope de ce genre l'ouverture de la lentille extérieure peut atteindre un pouce et demi.

L'on peut, il eſt vrai, choiſir deux lentilles convexes et les combiner de telle manière qu'elles repréſentent debout les objets éloignés; mais on n'obtiendra pas de cette manière un bon téleſcope, puiſque les rayons iſſus d'un même point de l'objet ne peuvent pas parvenir parallèlement à l'oeil, que les objets ne peuvent être agrandis conſidérablement, et qu'on ne peut pas non plus voir ſimultanément un grand nombre d'objets. Il y a en outre cet inconvénient que le tube doit inutilement être rendu fort long [1]).

Mais à l'aide de trois lentilles convexes on peut voir les objets debout et diſtinctement [2]). Le champ toutefois eſt plus petit que lorſqu'on ſe ſert de quatre lentilles [3]), à moins que, lorſqu'on en prend trois, la lentille la plus proche de l'oeil n'ait à peu près un diamètre d'ouverture double de celui qu'il faut dans des oculaires de ce genre [4]); et ce diamètre ne peut être rendu ſi grand ſans que les couleurs de l'arc-en-ciel apparaiſſent aux bords.

Proposition IV [5]).

Faire voir comment on peut, en prenant trois lentilles convexes au lieu de deux, agrandir le champ du téleſcope dont nous nous ſervons pour obſerver les corps céleſtes.

---

[1]) Soient f_1 et f_2 les distances focales de l'objectif et de l'oculaire. Pour avoir une lunette de la façon décrite, il faut éloigner l'oculaire à une distance x du plan focal de l'objectif plus grande que f_2. Alors la deuxième image d'un objet éloigné, qui sera droite, se formera à une distance $y = xf_2 : (x - f_2)$ en arrière de l'oculaire et pour obtenir une vision suffisamment distincte on devra placer l'oeil encore plus en arrière d'une certaine distance d. De cette manière la longueur de la lunette, comptée depuis l'objectif jusqu' à l'oeil, sera $l = f_1 + x + y + d$. On trouvera pour le grossissement, $g = f_1 f_2 : d(x - f_2)$. Si donc nous exprimons les grandeurs x, y et l en fonction du grossissement on aura $x = f_2\left(1 + \frac{f_1}{dg}\right)$; $y = \frac{dgf_2}{f_1}\left(1 + \frac{f_1}{dg}\right)$; $l = f_1 + d + \frac{dgf_2}{f_1}\left(1 + \frac{f_1}{dg}\right)^2$.

Supposons, pour fixer les idées, qu'on veuille obtenir un grossissement égal à celui d'une

repertis celebre ex convexo et cavo fuerit conjunctum, nunc tamen ejus generis nulla nec ad ſyderum obſervationes nec ad res in Terra ſpectandas adhibentur, ſed tantum è convexis compoſita. Unicus vero uſus cavoconvexorum in minima longitudine relictus eſt, 4 nempe aut 5 digitorum, in qua brevitate tolerabilis jam latitudo anguli iſtius viſorij reperitur. In hujuſmodi perſpicillis ratio incrementi facienda eſt quadrupla circiter. Sed et dupla non majorem utiliter adhibere ſolemus. quo fit ut lucida etiam intra ædes omnia ſpectentur. Et ſtellæ melius quam oculo nudo, multæque ſimul, quoniam in tali perſpicillo apertura exterioris lentis vel ad ſeſquipollicem patere poteſt.

Ac poſſunt quidem binæ convexæ lentes parari tales, atque ita inter ſe componi, ut erecta referant viſibilia longinqua; nec tamen quicquam boni inde obtinebitur, quod nec paralleli ad oculum tunc radij pervenire poſſunt qui e ſingulis rei viſæ punctis emanant, neque eæ multum amplificari, nec magna copia ſimul conſpici, præterquam quod tubi longitudo ſine utilitate multum producenda eſſet [1]).

Tribus vero lentibus convexis et recto poſitu et diſtincta poſſunt videri [2]), ſed non tam lato campo quam quaternis [3]), niſi lens oculo propior duplam fere aperturæ diametrum habeat ejus quæ in ſimilibus ocularibus requiritur [4]), cum tria adhibentur, quod fieri nequit quin colores iridis circa margines exiſtant.

Propos[itio IV] [5]).

Quomodo pro duobus convexis tria adhibendo amplior fiat teleſcopij proſpectus, quo ad ſidera ſpectanda utimur.

---

lunette keplérienne construite avec les mêmes lentilles; on doit avoir alors $x = f_2\left(1+\frac{f_2}{d}\right)$; $y = d\left(1+\frac{f_2}{d}\right)$; $l = f_1 + d + (f_2 + d)\left(1+\frac{f_2^2}{d}\right)$. Ainsi la longueur d'une telle lunette dépasserait celle de la keplérienne d'une quantité $2d + f_2 + \frac{f_2^2}{d}$, c'est-à-dire, de plus de deux fois la plus petite distance à laquelle on peut obtenir une vision nette.

De plus, le champ de vision sera extrêmement restreint; son diamètre ne sera approximativement que la $\left(\frac{f_2}{2d}\cdot\frac{p}{\delta}\right)^{\text{ième}}$ partie de celui du champ de vision de la lunette keplérienne correspondante, où les axes des faisceaux de rayons qui atteignent l'oculaire pénètrent dans la pupille, p et δ représentant les diamètres de la pupille et de l'oculaire.

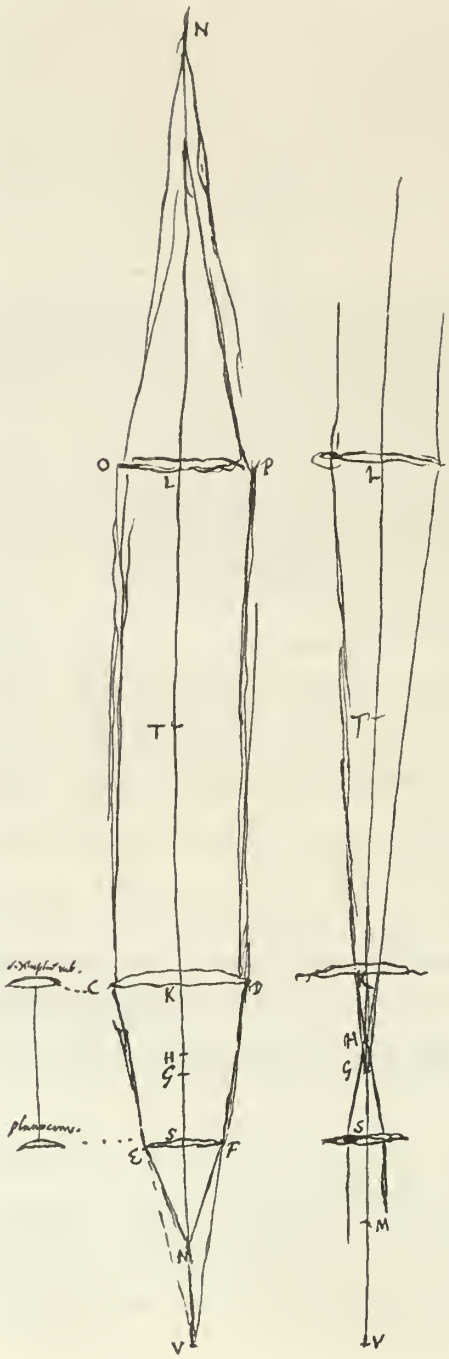
[2]) Voir la Prop. IV, Part. I, Liv. III, p. 259.

[3]) Voir la Prop. V, p. 469, qui suit.

[4]) Voir la p. 261, où est démontré que la largeur de la lentille QR (Fig. 9, p. 260) doit être le double de celle de la lentille DI, qui détermine le champ de vision.

[5]) Comparez la note 1 de la p. 252. On verra qu'en effet, à part quelques phrases du premier alinéa et une partie de l'énoncé, il n'est resté presque rien de l'ancienne version de la Proposition telle que nous l'avons reproduite aux pp. 253—259. Toutefois il s'agit dans les deux versions d'un même système de lentilles oculaires dans lequel la distance focale de celle qui se trouve le plus près de l'oeil est la quatrième partie, et la distance mutuelle la moitié, de la distance focale de l'autre.

[Fig. 11.] [Fig. 12.]



Quoique les lentilles ne doivent pas être multipliées ſans néceſſité parce que beaucoup de lumière eſt perdue à cauſe de l'épaiſſeur du verre et par les réflexions répétées, cette multiplication peut cependant avoir l'avantage d'agrandir le champ du téleſcope et faire ainſi qu'on s'en ſert avec plus de plaiſir. Car ſi nous ajoutons à la grande lentille deux oculaires ayant entre eux un certain rapport et une certaine diſtance, l'aberration des rayons qui ſe dirigent vers l'oeil à partir des différents points de l'objet devient beaucoup moindre que lorſqu'on prend une lentille oculaire unique donnant le même groſſiſſement [1]), et l'on peut ainſi embraſſer d'un ſeul regard un bien plus grand nombre d'objets. De plus, les bulles et impuretés de toute eſpèce que renferment les lentilles oculaires diſparaiſſent entièrement, tandis que, lorſqu'on ne ſe ſert que d'une ſeule lentille, elles ne ſont pas peu gênantes.

Suppoſons que le groſſiſſement qu'on ſe propoſe d'obtenir ſoit repréſenté par le rapport P : Q. Soit L [Fig. 11 et 12] la lentille extérieure, G ſon foyer. Prenons un point K tel que P : Q = LG : GK; ce point tombant entre L et G. Plaçons en K une lentille convexe dont la diſtance focale KV ſoit le triple de KG; diviſons KV en deux parties égales par le point S et plaçons-y l'autre lentille EF, dont $\frac{1}{2}$SK repréſente la diſtance focale SH. Suppoſons l'oeil placé en M, la diſtance SM étant priſe égale à $\frac{1}{2}$ KG. On aura obtenu alors ce qu'on cherchait [2]).

Nous nous ſervons de deux figures pour la démonſtration. Dans la première [Fig. 12] nous avons tracé les rayons venant d'un point unique de l'objet; lequel point nous voulons qu'on conſidère comme

Quanquam lentes non fruſtra ſint multiplicandæ, quod et vitri craſſitudine et iteratis reflexionibus non parum lucis depereat; hanc tamen utilitatem præbere poteſt, ut latior evadat eoque jucundior teleſcopij proſpectus. Adſumtis enim præter magnam lentem ocularibus duobus certam inter ſe rationem diſtantiamque habentibus, tunc multo minor fit aberratio radiorum à diverſis punctis rei viſæ ad oculum tendentium, quam ſi unica lens ocularis adhibeatur, quæ eandem amplificationem efficiat [1]), atque ita multo plura longe unico intuitu comprehendere licet, ac præterea nævi ac impuritas omnis lentium ocularium plane evaneſcit, cum alioqui in una lente non parum adferat incommodi.

Sit ratio augmenti propoſita ea quæ P ad Q. Lens exterior L [Fig. 11 et 12]. focus ejus G. Et ut P ad Q ita ſit LG ad GK, cadente puncto K inter L et G. Et in K lens convexa ſtatuatur cujus foci diſtantia KV ſit tripla ad KG, et diviſa KV æqualiter in S, ſtatuatur ibi lens altera EF cujus foci diſtantia SH ſit $\frac{1}{2}$ SK. Oculus vero ſit in M, poſita SM diſtantia ∞ $\frac{1}{2}$ KG. Erit factum quod quæritur [2]).

Demonſtrationem vero duplici figura explicamus. In quarum priori [Fig. 12] expendimus radios ab uno aliquo rei viſæ puncto manantes, quod punctum in axe teleſcopij poſitum intelligi volumus. Qui itaque radij velut axi paralleli in

[1]) Consultez, p. 467, le dernier alinéa qui se rapporte à la proposition présente.

[2]) À la même page du manuscrit d'où nous avons emprunté, en suivant les indications données par Huygens, l'alinéa qui précède, on trouve des calculs qui montrent de quelle manière la disposition décrite ici a été obtenue. Huygens, en effet, est parti de la supposition qu'il possédait un système de deux lentilles K et S, à distances focales KV = KT = a et SH = $\frac{1}{4}a$, éloignées l'une de l'autre à une distance KS = $\frac{1}{2}a$. Il s'agissait donc de placer ce système de manière que les rayons qui tombent sur l'objectif parallèlement à l'axe se trouvent après leur sortie du système de nouveau parallèles entre eux et à l'axe. Or, puisque, après la première réfraction par l'objectif, ces rayons se dirigent vers le foyer G de cette lentille, il faut choisir la distance GK = x de telle sorte que le point G et le foyer H de la lentille S se correspondent par rapport à la lentille K.

C'est cette condition qui amène (Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99) la proportion :

$$„\mathrm{GT}\ (a + x) \text{ ad } \mathrm{GK}\ (x) \text{ ut } \mathrm{GK}\ (x) \text{ ad } \mathrm{GH}\left(\frac{xx}{a + x}\right)";$$

mais puisqu'on a KH = KS — SH = $\frac{1}{4}a$ et KH + HG = KG, on arrive à l'équation:

$$„\tfrac{1}{4}a + \frac{xx}{a + x} \infty x",$$

d'où Huygens a déduit x = GK = $\frac{1}{3}a$ = $\frac{1}{3}$ KV; ce qui suffit pour placer les oculaires par rapport à l'objectif, si l'on suppose connue la distance focale a = KT.

Quant au grossissement du système entier de trois lentilles, il le trouve égal à LG : GK par des calculs qui correspondent aux raisonnements qu'on rencontrera un peu plus bas dans le texte; ce qui permet pour un grossissement donné de déterminer la distance focale KT, dont on aura besoin, par son rapport connu à la distance GK.

Enfin, au lieu mentionné, ces résultats sont appliqués à deux exemples numériques. Dans

ſitué ſur l'axe du téleſcope. Ces rayons ſont donc cenſés tomber ſur la lentille L parallèlement à l'axe. Ils doivent donc enſuite ſe diriger vers le foyer G de cette lentille. Mais nous démontrerons que par la réfraction due à la lentille K ils ſeront dirigés vers le point H, et qu'enſuite, ſe coupant et tombant ſur la lentille S, ils deviendront parallèles pour continuer ainſi leur route juſqu'à M, la pupille de l'oeil. En effet, ſi l'on prend KT = KV (diſtance focale de la lentille K), on aura, vu que nous avons poſé KG = $\frac{1}{3}$ KV et KH = $\frac{1}{4}$ KV [1]), GH : GK = 1 : 4 [2]). Mais on a auſſi GK : GT = 1 : 4 [3]). Les longueurs GH, GK et GT forment donc une proportion; par conſequent, les rayons qui tendent vers le point G ſeront amenés par la réfraction due à la lentille K à ſe diriger vers H [4]), foyer de la lentille S, laquelle rendra donc les rayons parallèles. Arrivant enſuite à l'oeil M ces rayons y produiront donc une viſion diſtincte, ce qui eſt l'une des choſes qu'il s'agiſſait de démontrer.

Nous ferons voir maintenant dans la ſeconde figure [Fig. 11] le groſſiſſement, qui poſſède la valeur donnée, et l'amplitude de l'angle viſuel. En effet, prenons ſur le prolongement de l'axe la longueur LN égale à la diſtance focale LG. Traçons des rayons venant de points fort éloignés, paſſant enſuite par le point N, et tombant de part et d'autre ſur la lentille extérieure L. Soient NO et NP ces rayons. Il eſt évident que par la réfraction due à cette lentille ils deviennent parallèles à l'axe et qu'ils ſuivent alors les droites OC et PD juſqu' à ce qu'ils tombent ſur la lentille K. Nous ſavons qu'ils tendront enſuite vers le point V ſuivant les droites CV et DV. Mais lorſqu'ils auront été interceptés par la lentille S, je dis qu'ils ſeront dirigés vers le point M, où nous avions placé la pupille de l'oeil. En effet, comme SV = $\frac{1}{2}$ KV et SM = $\frac{1}{2}$ KG, c'eſt-à-dire = $\frac{1}{6}$ KV, on aura SM : SV = 1 : 3 et, par conſéquent, VM : VS = 2 : 3. Mais on a auſſi VS : VH [5]) = 2 : 3. Par conſéquent, VM, VS et VH forment une proportion, et comme H eſt le foyer de la lentille S, il réſulte de la Prop. XX, Part. I, Liv. I. [6]) que les rayons qui tendent vers le point V ſont réfractés par la lentille

---

le premier il s'agit d'une lunette où LG égale 30 pieds et dont on veut obtenir un grossissement de 120. Alors la proportion mentionnée dans le texte donne GK = 3 pouces; donc KV = 9, SH = $2\frac{1}{4}$ pouces. Dans le deuxième exemple on a LG = 25 pieds; le grossissement est pris égal à 110, et on trouve par suite GK = $2\frac{8}{11}$, KV = $8\frac{2}{11}$, SH = $2\frac{1}{22}$ pouces. Et on lit encore à propos du premier exemple: „luna tota simul. ang.° 60 gr. jucundum spectaculum."

Voir pour deux autres exemples le § 11 (de 1692) de l'Appendice VI, p. 611.

[1]) On a, par construction, KS = $\frac{1}{2}$ KV et KH = KS — HS = $\frac{1}{2}$ KS; donc KH = $\frac{1}{4}$ KV.

[2]) On a de même GK = $\frac{1}{3}$ KV; mais KH = $\frac{1}{4}$ KV, donc GH = $\frac{1}{12}$ KV = $\frac{1}{4}$ GK.

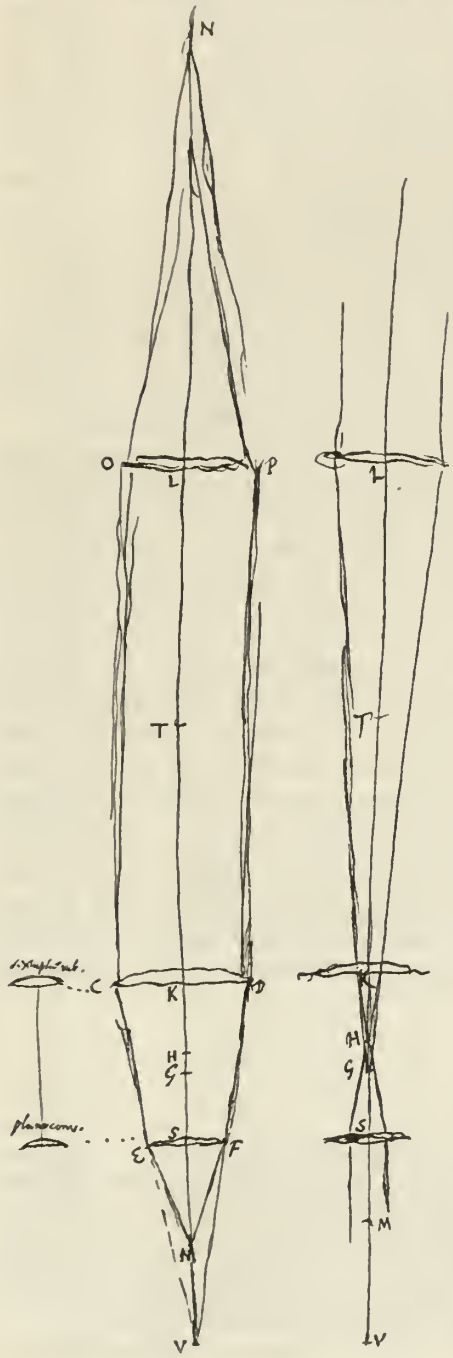
[3]) GT = GK + KT = GK + KV = 4 GK.

[4]) D'après la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

[5]) VH = VS + SH = VS + KH = $\frac{1}{2}$ KV + $\frac{1}{4}$ KV = $\frac{3}{4}$ KV.

[6]) Voir la p. 99.

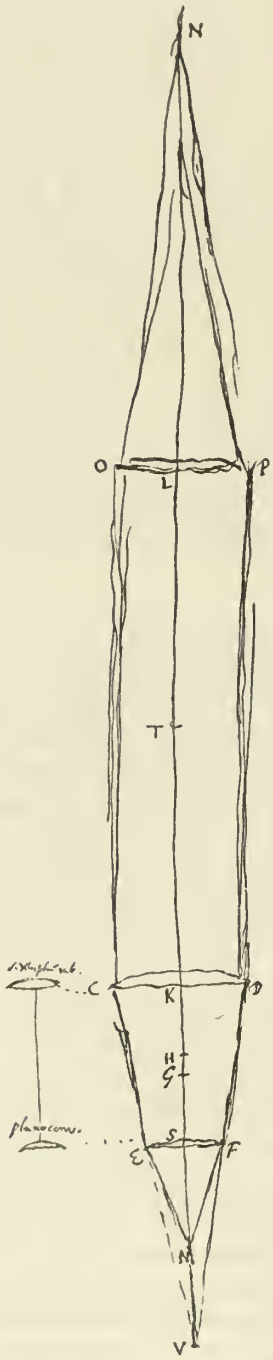
[Fig. 11.] [Fig. 12.]



lentem L incidere cenſentur. Unde porro tendere debent ad hujus lentis focum G. Sed refractione, quæ fit in lente K, oſtendemus eos mitti ad punctum H; atque inde ſeſe interſecantes atque in lentem S incidentes, reddi parallelos, itaque ad oculi pupillam M pergere. Poſitâ enim KT æquali KV, quæ erat foci diſtantia lentis K, quia KG dicta eſt eſſe $\frac{1}{3}$ KV; KH vero $\frac{1}{4}$ KV [1]). Erit GH ad GK ut 1 ad 4 [2]); ſed et GK ad GT erit ut 1 ad 4 [3]). Ergo proportionales GH, GK, GT, ac proinde radij ad G tendentes flectentur refractione lentis K ad H [4]), cum ſit H focus lentis S, faciet hæc ut a puncto H pergentes paralleli fiant, qui proinde oculo ad M occurrentes diſtinctam viſionem efficient, quod unum eſt eorum quæ demonſtrare oportebat.

Jam in altera figura [Fig. 11] ratio amplificationis eadem datæ oſtendetur et amplitudo anguli viſorii. Ponatur enim LN in producto axe æqualis foci diſtantiæ LG. Et a punctis longinquis venientes radij expendantur per punctum N tranſeuntes atque in lentem L extremam utrimque incidentes, qui ſint NO, NP. quos conſtat refractione ejus effici axi parallelos, atque ita incedant per OC, PD, donec incidant in lentem K. Unde porro ſcimus pervecturos rectis CV, DV ad punctum V. Sed a lente S interceptos ajo detorqueri ad punctum M, ubi oculi pupilla poſita fuit. Quia enim SV eſt $\frac{1}{2}$ KV; et SM ∞ $\frac{1}{2}$ KG, hoc eſt ∞ $\frac{1}{6}$ KV; erit SM ad SV ut 1 ad 3, ac proinde VM ad VS ut 2 ad 3. Sed et VS ad VH [5]) eſt ut 2 ad 3. Ergo proportionales VM, VS, VH et quia H eſt focus lentis S, conſtat ex propoſ. [XX, Part. I, Lib. I] [6]) radios ad V tendentes ita frangi a lente S ut tendant ad

[Fig. 11.]



S de telle manière qu'ils se dirigent ensuite vers le point M. Tirons donc, à partir des points E et F, dans lesquels les droites CV et DV coupent la lentille S, les droites EM et FM. Ainsi [1]) l'objet sera vu à travers les lentilles sous l'angle EMF qui est à l'angle ONP comme LG est à KG, c'est-à-dire, comme P est à Q. En effet, comme le rapport EMF : ONP ou EMS : ONL est composé des rapports EMS : EVS et EVS : ONL, tandis que le rapport EMS : EVS est égal au rapport VS : MS ou VS : $\frac{1}{2}$ KG, et le rapport EVS : ONL au rapport NL (ou LG) : KV (ou 2VS), le rapport EMF : : ONP sera composé des rapports 2VS : KG et LG : : 2VS, c'est-à-dire, EMF sera à ONP comme LG est à KG ou comme P est à Q. Ce qu'il fallait démontrer.

On [2]) peut se demander quel est l'avantage de cet arrangement et si l'effet n'est pas le même que lorsqu'on se borne à un seul oculaire α [Fig. 13], dont la distance focale Gα est égale à KG [Fig. 11], c'est-à-dire à $\frac{1}{3}a$ [3]), attendu qu'alors l'angle αMβ sera égal à l'angle KGD ou SMF, parce que KD = 2SF [4]) et KG = 2SM [5]). Réponse: Le grossissement sera en effet le même dans les deux cas. Mais la lentille S pourra avoir une ouverture supérieure à la moitié de celle de la lentille α, d'abord parce que la distance focale de la lentille S est $\frac{1}{4}a$, c'est-à-dire plus que la moitié de la distance focale de la lentille α [6]) qui est $\frac{1}{3}a$, en second lieu parce que le rayon DF qui converge sera moins coloré en traversant la lentille S que s'il était parallèle à l'axe. Il est vrai qu'il a déjà été coloré au point D, mais faiblement, parce que KV est la distance focale de la lentille K [7]).

---

[1]) Ce qui suit, jusqu'à la fin de cet alinéa, manque dans les manuscrits tels que nous les possédons. Nous l'avons emprunté à la p. 185 de l'édition de 1703 de la „Dioptrique" par de Volder et Fullenius et il nous semble probable qu'on a affaire à une reconstruction par les éditeurs, faite d'après les calculs que nous avons mentionnés dans l'avant-dernier alinéa de la note 2 de la p. 463. Comparez la note 8 de la p. 261.

[2]) À l'exemple de de Volder et Fullenius ce dernier alinéa a été

[Fig. 13.] punctum M. A punctis igitur E et F, in quibus rectæ CV, DV secant lentem S, ducantur rectæ EM, FM. Sic [1]) visibile per lentes cernetur sub ang. EMF qui ad ONP habet proportionem, ut LG ad KG, id est, ut P ad Q. Quia enim ratio EMF ad ONP, id est, EMS ad ONL componitur ex rationibus EMS ad EVS, et EVS ad ONL; ratio vero EMS ad EVS eadem est, quæ VS ad MS sive $\frac{1}{2}$ KG, item ratio EVS ad ONL eadem quæ NL sive LG ad KV sive 2 VS. Erit ratio EMF ad ONP composita ex 2 VS ad KG, et LG ad 2 VS, id est, erit EMF ad ONP ita LG ad KG, ita P ad Q: quod erat dem.

Videndum [2]) an quid juvet. Et an non idem effectus fit, ac si ponatur sola ocularis α [Fig. 13], cujus foci distantia Gα ∞ KG [Fig. 11] hoc est ∞ $\frac{1}{3}a$ [3]); quum angulus αMβ sit futurus æqualis KGD, hoc est, SMF; nam KD ∞ 2 SF [4]), et KG ∞ 2 SM [5]). Resp[onsio]. Erit quidem amplificatio eadem utrobique, sed lens S majorem feret aperturam quam dimidiam lentis α [6]), tum quia lentis S foci distantia est $\frac{1}{4}a$, eoque major quam $\frac{1}{2}$ foci distantiæ lentis α, quæ est $\frac{1}{3}a$; tum quia radius DF convergens, minus colorabitur in transitu per lentem S, quam si axi parallelus incederet. Sed in D jam aliquem colorem traxit, sed parum, quia lentis K foci distantia est KV [7]).

---

emprunté à une feuille du manuscrit qui n'était pas comprise dans la numération rouge des pages, apportée par Huygens. Aussi il semble certain que Huygens, s'il avait achevé sa „Dioptrique", l'aurait donné dans une forme plus soignée; toutefois il n'est pas hors de place, là où il a été mis; puisqu'il nous fournit un raisonnement annoncé par Huygens dans l'énoncé de la proposition et dans le premier alinéa de sa démonstration.

[3]) On a KV = a, comme dans la note 2, p. 463.

[4]) Puisque KS = SV, par construction; voir la p. 463.

[5]) Toujours par construction.

[6]) On peut remarquer ici que le champ de vision de la lunette à double oculaire dépend de l'ouverture de la lentille K et dans l'autre de celle de la lentille α. Si donc l'ouverture de la lentille S peut être prise plus large que la moitié de celle de la lentille α la lunette à double oculaire pourra embrasser un champ de vision plus étendu, puisque KD = 2SF; ce qui est conforme à l'énoncé de la présente proposition.

[7]) On doit avouer que ce qui précède ne donne, pour en dire le moins, qu'une explication imparfaite de l'achromatisme relatif qui est propre à l'oculaire de Huygens. En effet, il semble que dans cette annotation rapide Huygens a adapté trop hâtivement à l'aberration chromatique un raisonnement qu'on retrouvera dans l'Appendice VII, p. 616—618, qui traite l'aberration sphérique des systèmes de lentilles en question.

Proposition V [1]).

Expliquer la construction d'un télescope composé de quatre verres convexes, à l'aide duquel on voit les objets debout et dont le champ est vaste.

À cause de la position inverse qu'il donne aux objets, nous ne nous servons guère du télescope composé de deux verres convexes que pour contempler les étoiles, qui peuvent indifféremment être regardées dans l'une ou l'autre position. Nous dirons plus tard quels rapports il faut alors observer [2]). Or, on a essayé de différentes manières, à l'aide de 3, 4, 5 ou plus de lentilles, de redresser de nouveau les images et de permettre en même temps au spectateur d'embrasser un vaste champ d'un seul regard. Sans doute, il ne faut pas multiplier les lentilles sans cause, parce que la matière dont chacune d'elles est formée ainsi que les réflexions dues aux surfaces disperssent une partie des rayons. Cependant on ne peut atteindre l'effet désiré avec un nombre de lentilles inférieur à 4. Car, quoique pour des télescopes de même longueur on puisse obtenir avec trois lentilles [3]), aussi bien qu'avec quatre, la position droite de l'image, le même grossissement et un champ aussi vaste, la combinaison de trois lentilles est cependant inférieure à celle de quatre lentilles parce que dans la première les lentilles oculaires ou du moins l'une d'elles (celle qui est la plus proche de l'oeil) doivent être composées de portions plus grandes de surfaces sphériques, par rapport au diamètre ou plutôt à la distance focale, si l'angle visuel de l'instrument doit être le même dans les deux cas [4]): il s'ensuit que les objets semblent colorés et que les lignes droites auprès des bords de l'ouverture paraissent courbées [5]).

Il faut donc se servir de quatre lentilles, avec lesquelles le télescope est composé de la façon suivante.

A [Fig. 14 et 15] est la lentille extérieure, AB sa distance focale; sur le même

---

[1]) Ce qui suit était écrit sur la dernière page d'une feuille du manuscrit de la „Dioptrique", laquelle page était restée en blanc lors de la rédaction du Livre II de la première Partie; mais on lit en marge: „Hæc post telescopium ex duobus et tribus convexis invertentibus objecta" (voir les Prop. III, p. 455, et IV, p. 461).

[2]) Voir les Prop. VII, p. 481—499, et IX, p. 503—511.

[3]) Voir la Prop. IV, Part. I, Liv. III, p. 259—265.

[4]) En effet, supposons égales les distances focales des trois lentilles oculaires de la disposition présente et des deux de celle décrite dans la Prop. IV, Part. I, Liv. III (p. 259), alors le grossissement ne différera pas; mais afin qu'il en soit de même pour le champ de vision, il faut que l'amplitude de la lentille E de la figure 9, p. 258 soit égale à celle de la lentille C des figures présentes, et que tous les rayons qui tombent sur ces lentilles arrivent à la pupille de l'oeil. Or,

[Propositio V.] [1])

Telescopij ex quatuor convexis compositi constructionem explicare, quo res visæ erectæ spectantur et magna copia.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]

Propter inversam positionem rei visæ vix aliter utimur composito è duobus convexis quam ad sidera, quæ non refert quo positu spectentur. Quænam verò tunc proportio servanda sit postea dicetur [2]). Quomodo autem erigantur rursus imagines magnaque simul earum copia uno intuitu comprehendatur diversimode quæsitum fuit 3, 4, 5, et pluribus lentibus. Quæ sine causa non sunt multiplicandæ, quod et singularum materia et superficierum reflexiones radiorum partem intervertant. Paucioribus tamen quam quaternis optatum effectum consequi non licet. Etsi enim in eadem telescopij longitudine et situs erectus et eadem amplificatio et eadem copia simul visorum obtineri potest tribus [3]) æquè ac quatuor lentibus, deterior tamen est trium compositio quam quaternarum, quia in illa lentes oculares, aut unam certe earum oculo proximam, e majoribus superficiei sphæricæ portionibus constare necesse est ratione diametri aut foci distantiæ, si eadem anguli visorij magnitudo præstanda sit [4]). Hinc vero colore inficiuntur res visæ et lineæ rectæ circa aperturæ margines curvæ apparent [5]).

Quaternis igitur utendum est, ex quibus telescopium hoc modo componitur.

Lens exterior est A [Fig. 14 et 15], cujus foci distantia

---

pour que cette dernière condition soit remplie dans le système de la fig. 9 de la p. 258 la largeur de la lentille QR doit être à peu près le double de celle de la lentille E de cette figure et par conséquent des lentilles du système présent. Pour le voir, il suffit de suivre, dans la figure 9 citée, le cours des rayons AD et AI qui se couperont en un point O, qui n'est pas fort éloigné du foyer de la lentille E; on aura donc, d'après les données du système, à peu près OH = 2EO et pour que les rayons considérés atteignent la lentille H il faut que QR = 2DI.

5) Consultez sur cette déformation des images la p. 265 et surtout le § 14 (de 1692) de l'Appendice VI, p. 613—615.

axe ſont placées trois lentilles oculaires C, D et E, tout-à-fait identiques entre elles, et dont celle qui eſt ſituée le plus à l'intérieur eſt placée au-delà du foyer B à une diſtance égale à ſa propre diſtance focale. La diſtance qui ſépare les lentilles C et D l'une de l'autre eſt double de la diſtance BC; la diſtance de la lentille D à la lentille E eſt égale à l'intervalle CD; enfin la diſtance qui ſépare la lentille E de l'oeil F eſt de nouveau égale à l'intervalle BC [1]).

Il faut de nouveau deux figures dans ce cas. Dans la première [Fig. 14] nous traçons les rayons émanant d'un ſeul point de l'objet fort éloigné; or, il apparaît aiſément à celui qui a compris les raiſonnements précédents que ces rayons tombent d'abord à fort peu près parallèlement ſur la lentille A, qu'enſuite ils ſe réuniſſent au point B, ſon foyer, et que, puis après, divergeant à partir de ce point, ils tombent ſur la lentille C qui les rend de nouveau parallèles et les dirige vers la lentille D laquelle les réunit en ſon foyer H qui diviſe en deux parties égales l'intervalle DE. Tendant enſuite, à partir du point H, vers la lentille E ils deviennent parallèles pour la troiſième fois après avoir traverſé cette lentille, et, tombant dans cet état ſur l'oeil F, ils cauſent une viſion diſtincte, attendu qu'au fond de l'oeil ils ſe raſſemblent en un ſeul point.

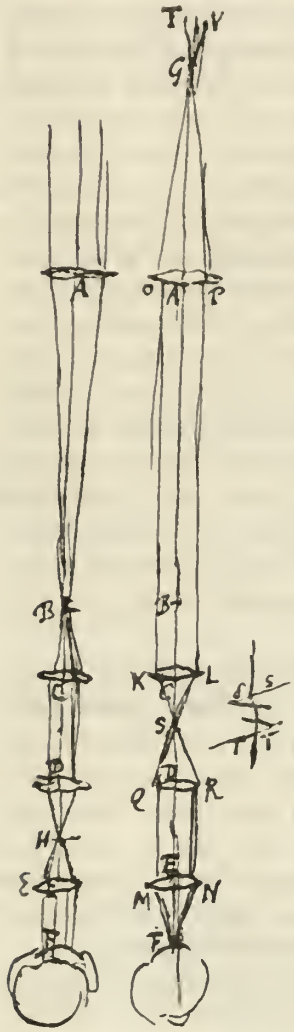
Dans la ſeconde figure [Fig. 15] on conſidère le groſſiſſement; il eſt égal au rapport de AB, diſtance focale de la lentille extérieure, à la diſtance focale BC d'une des lentilles oculaires. On y fait voir auſſi la grandeur de l'angle viſuel. En effet, en ſuppoſant aux trois oculaires des ouvertures égales et qui ne ſurpaſſent pas celle de la lentille extérieure A, traçons les droites MQ et NR parallèles à l'axe commun et comprenant entre elles les diamètres de l'ouvertures des lentilles E et D; traçons de même KO et LP parallèles au même axe et comprenant entre elles l'ouverture de la lentille KL. Poſant enſuite AG = AB, tirons les droites OGV et PGT qui ſe coupent en G. Il eſt évident alors que la largeur d'un objet ſitué à grande diſtance qui à l'oeil nu ſerait vu du point G, donc auſſi du point F, ſous l'angle TGV, occupe l'angle MFN lorſqu'on regarde cet objet par le téleſcope. Par conſéquent, le groſſiſſement eſt égal au rapport de l'angle MFN à l'angle TGV ou PGO, c'eſt-à-dire au rapport de l'intervalle AG à l'intervalle EF, attendu que PO et MN ſont égales; ou bien encore au rapport de la diſtance focale AB à la diſtance focale BC. Ce qu'il fallait démontrer.

Il apparaît en outre que l'angle viſuel MFN comprend auſſi une même latitude d'objets qu'un téleſcope compoſé des deux lentilles A et C, puiſque l'objet compris dans l'angle TGV ſerait aperçu dans ce téleſcope ſous l'angle KSL égal à l'angle MFN.

---

[1]) Comparez les §§ 3 (de 1666) et 4 (de 1668) de l'Appendice VI, p. 598—600, où l'on trouve une disposition de lentilles presqu'identique à celle qui est décrite ici, et voyez surtout au § 7 (p. 605) de cet Appendice le dessein d'un oculaire qui est conservé à l'Observatoire de Leyde.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]



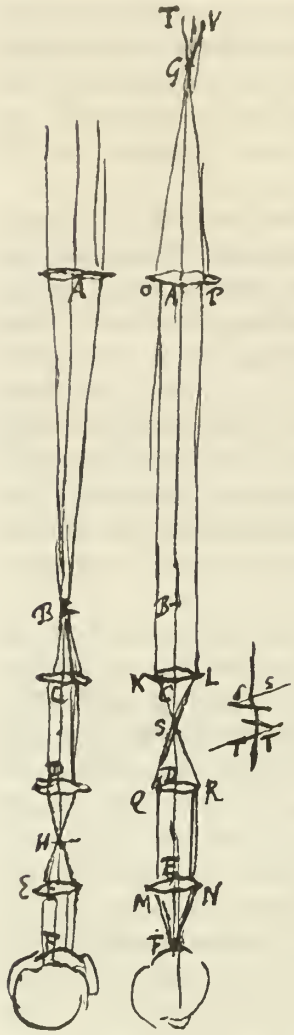
AB, in eodem vero axe positæ sunt lentes oculares tres C, D, E prorsus æquales inter se, quarumque interior intervallo BC quantum est sua foci distantia ultra focum B removetur, ejusque intervalli duplum est a lente C ad lentem D, ac tantundem ab hac ad lentem E, ac denique ab hac ad oculum F rursus, quantum inter B et C [1]).

Rursus autem binis figuris hic opus est, in quarum priore [Fig. 13] radij ab uno puncto rei longe distantis manantes exhibentur, quos facile apparet, si quis præcedentia perceperit, primum tanquam parallelos incidere in lentem A, inde colligi in B foco ejus, ac inde divergentes in lentem C incidere, quæ denuò parallelos efficiat, mittatque ad lentem D, quæ congreget eos ad focum suum H qui medium dividit intervallum DE. Tum denique ex H puncto ad lentem E tendentes ab ea tertiò parallelos reddi atque ita ad oculum F accidentes distinctam visionem efficere cum in fundo ejus ad punctum unum cogantur.

In secunda figura [Fig. 15] consideratur ratio amplificationis quæ est ea quæ AB, foci distantiæ lentis exterioris, ad foci distantiam BC, unius ex ocularibus. Ac præterea anguli visorij amplitudo hic demonstratur. Positis enim ocularium trium aperturis æqualibus quæ non majores sint apertura lentis exterioris A, ducantur MQ, NR axi communi parallelæ et aperturæ diametros lentium E et D comprehendentes. itemque KO, LP eidem axi parallelæ et comprehendentes aperturam lentis KL, et posita AG æquali AB, ducantur rectæ OGV, PGT quæ sese intersecent in G. Jam patet latitudinem rei visæ longinquæ quæ oculo nudo ex puncto G, ideoque et ex F, cerneretur in angulo TGV, hanc oculo per telescopium intuenti, occupare angulum MFN, ideoque augmenti rationem esse eam quæ anguli MFN ad ang. TGV sive PGO, hoc est, eam quæ intervalli AG ad intervallum EF, cum PO, MN, sint æquales; hoc est, eam quæ foci distantia AB ad foci distantiam BC. quod erat dem.

Apparet porro angulum visorium MFN eandem quoque visibilium latitudinem comprehendere ac telescopium quod binis lentibus A et C constaret, cum res visa quæ angulo TGV intercipitur, in illo telescopio spectetur in angulo KSL ipsi MFN æquali.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]



Cette excellente combinaiſon de lentilles a été inventée la première fois à Rome; je ne ſais par qui [1]). Il faut ajouter cependant qu'elle doit une grande partie de ſa ſupériorité à l'anneau ou diaphragme qu'on introduit dans le tube au point H, ſitué au milieu entre les lentilles E et D, ou au point B, foyer commun des lentilles A et C; nous avons expliqué dans le livre ſur les cauſes des phénomènes que préſente Saturne [2]) l'uſage de ce diaphragme, qui était auparavant inconnu. Cet uſage eſt de la plus grande utilité, tant pour la meſure des diamètres des planètes comme je l'ai dit à l'endroit déſigné, que pour autre choſe dont je parlerai plus loin [3]). Mais dans les téleſcopes conſidérés l'effet de cet anneau eſt de donner au champ une limite circulaire nette: en effet, les objets placés auprès de H ou de B y ſont aperçus diſtinctement par l'oeil F, vu que les rayons provenant de H ou de B y entrent parallèlement. Et en même temps les couleurs aux bords diſparaiſſent par l'effet du diaphragme, couleurs qu'il était impoſſible d'éviter entièrement avant cette invention.

Quant à l'ouverture du diaphragme, elle doit être un peu plus petite que celles des lentilles oculaires elles-mêmes, et ſon diamètre doit avoir à la diſtance focale des lentilles oculaires un certain rapport qui eſt environ de .... à ...., comme l'expérience nous l'enſeigne [4]). Nous déterminerons plus loin la valeur que doit avoir le rapport de la diſtance focale de la lentille extérieure à celle des lentilles oculaires et à l'ouverture par laquelle elle peut laiſſer entrer la lumière [5]).

Il ſemble étrange que dans ce téleſcope les couleurs de l'arc-en-ciel, réſultant de la réfraction due à pluſieurs lentilles oculaires, n'apparaiſſent pas plus que lorſqu'on ſe ſert d'une ſeule lentille oculaire. Mais la raiſon en eſt que la lentille QR corrige l'effet de la lentille KL en détruiſant les couleurs produites par elle. En effet, ce qui eſt arrivé au rayon OKRN [Fig. 15] qui paſſe par des ſurfaces inclinées à K et enſuite à R, eſt comparable à ce qui lui ſerait arrivé s'il avait traverſé deux coins SS et TT [6]) placés en ſens oppoſés avec des faces parallèles. Dans ce dernier cas le rayon n'eſt pas coloré, auſſi peu que s'il paſſait par une plaque de verre.

Hæc egregia lentium compoſitio Romæ neſcio à quo [1]) primum fuit inventa, multum tamen adjuta annulo ſeu diaphragmate quod ad H, loco medio inter lentes ED, vel ad B focum communem lentium A et C inſeritur, cujus uſum non ante cognitum explicuimus in libro de cauſis phænomenon Saturni [2]). Eſt vero longe præcipuus, cum in metiendis planetarum diametris ut ibi docui, tum ad alia de quibus agam in ſequentibus [3]). In hiſce vero teleſcopijs circulum apparentium imaginum præciſo ambitu iſte annulus ideo circumſcribit, quod quæ circa H vel B collocantur diſtincte cernuntur oculo F, cum radij ab H vel B egreſſi paralleli ad eum deferantur. Simul vero colores circa margines ejus opera reſecantur, qui non bene antea vitari poterant.

Ponenda autem apertura annuli ipſarum lentium ocularium aperturis paulo minor, diameterque ejus ad ocularium foci diſtantiam certa ratione referendus, quæ circiter ea eſt, quæ . . . . ad . . . . . [4]) docente nimirum experientia. Quænam vero ſit ponenda proportio foci diſtantiæ lentis exterioris ad foci diſtantiam ocularium quantâque aperturâ lucem admittere poſſit lens illa in ſequentibus definietur [5]).

Mirum videtur in hoc teleſcopio colores iridis oriri plurium ocularium refractione, non magis quam cum una ocularis adhibetur. Sed ratio hæc eſt quod lens QR corrigit et aufert colores quas lens KL produxit. Idem enim accidit radio OKRN [Fig. 15] per ſuperficies inclinatas ad K ac deinde ad R, tranſeunti, ac ſi per cuneos binos contrariè poſitos SS, TT [6]) tranſiret parallelis lateribus, qui colore non inficitur, non magis quam ſi per l[aminam vitream incederet] [7]).

---

[1]) Comparez la note 2, p. 259, où Campani est nommé par manière de conjecture. En effet, il est clair qu'il s'agit des „campanines", qu'on trouve décrites aux pp. 48 et 213—214 du T. VI, et, avec plus de détail, au § 4 de l'Appendice VI, p. 599 qui suit. Elles y sont attribuées à Giuseppe Campani.

[2]) Voir la p. 82 de l'édition originale du Systema Saturnium, citée dans la note 2, p. 441 du T. II.

[3]) On n'en trouve rien dans ce qui suit dans la „Dioptrique".

[4]) À la p. 65 du Manuscrit H on trouve une annotation de 1692 d'après laquelle le rapport en question doit être de 43 à 110; ce qui s'accorde assez bien avec le dessin reproduit au § 4 de l'Appendice VI, p. 599.

[5]) Voir la Prop. VII, p. 481.

[6]) Voir la petite figure à droite de la fig. 15. On doit remarquer d'ailleurs que les deux cas ne sont pas entièrement comparables, puisque, après la réfraction en K, la partie violette du rayon OKRN se trouvera à droite de la partie rouge. Elle frappera donc la lentille QR plus près du bord; ce qui causera une déviation plus forte.

[7]) Mots presqu'entièrement disparus aujourd'hui à cause des déchirures de la marge du manuscrit, mais qui peut-être étaient lisibles du temps de de Volder et Fullenius.

Lemme.

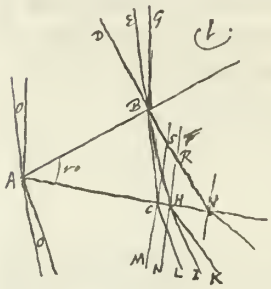
Les angles qui ne ſurpaſſent pas 30° peuvent être conſidérés comme proportionnels à leurs sinus.

D'autres auteurs en matière d'optique avaient déjà adopté ce lemme [1]) parce qu'il s'écarte extrêmement peu de la vérité.

Proposition VI.

Soit BAC un angle ſolide en verre, inférieur à 19°. Si deux rayons tombent ſur le verre en un même point de telle manière que l'inclinaiſon de chacun d'eux ſoit inférieure à 29° du côté oppoſé au point A, la différence entre les inclinaisons des rayons incidents ſera égale à celle des inclinaiſons des rayons qui quittent le verre après la réfraction [2]).

[Fig. 16.]



Suppoſons que l'angle BAC entre deux plans qui terminent un angle ſolide en verre ſoit inférieur à 19°. Suppoſons de plus que dans le plan paſſant par ABC il y ait une ligne droite DBV qui coupe le plan AB normalement au point B et qu'avec elle les rayons EB et GB faſſent des angles inférieurs à 29° du côté oppoſé au point A, de ſorte que le rayon EB lequel fait le plus petit angle avec DBV, suive dans le corps tranſparent la voie BH et le quitte ſelon HK; tandis que GB ſuit dans le corps tranſparent la voie BC et le quitte ſelon CL. Je dis qu'on peut conſidérer comme égal à l'angle EBG des rayons incidents l'angle que forment entre eux les rayons HK et CL ſortant du corps diaphane, c'eſt-à-dire, l'angle KHI, ſi HI eſt menée parallèlement à CL.

En effet, conſtruiſons à AC les normales MCS et NHR coupant DBV aux points S et R. Il y a cinq cas [Fig. 16—20], puiſque les angles BCA et BHA peuvent être chacun inférieur, ou chacun ſupérieur à un angle droit; ou bien l'angle BCA peut être ſupérieur et l'angle BHA inférieur à un angle droit, ou bien BCA ou BHA peut être droit.

---

[1]) Probablement Huygens fait-il allusion ici à l'„Axioma VII" de la „Dioptrique" de Kepler, cité déjà dans la note 2, p. 144, et à l'„Axioma IV" suivant, qu'on rencontre p. 129 du T. V

Lemma.

Angulos 30 gradus non excedentes proportionales centeri ſuis Sinibus.

Hoc jam ante ab alijs quoque opticorum scriptoribus aſſumtum fuit [1]), quia exigua prorſus a vero eſt differentia.

[Propositio VI.]

[Poſito angulo vitri ſolido 19 gradibus minore BAC ſi duo radij in unum vitri punctum incidant, ita ut ſingulorum inclinatio ſit minor 29 gradibus in partem ab A puncto averſam, erit differentia inclinationum radiorum incidentium æqualis differentiæ inclinationum radiorum qui poſt refractionem e vitro exeunt.] [2])

Si ſit angulus BAC, [Fig. 16] quo duo plana angulum ex vitro ſolidum terminantia [3]) inclinantur minor grad. 19.^{i}, ſitque præterea in plano per ABC etiam recta linea DBV, quæ planum AB normaliter ſecet in B, et ad eam inclinentur radij EB, GB, angulis minoribus quam gr. 29 in partem ab A puncto averſam, quorum interior EB intra diaphanum feratur per BH, atque exeat in HK; GB vero feratur intra diaphanum per BC, exeat vero in CL. Dico angulo EBG radiorum incidentium æqualem cenſeri poſſe eum quo egreſſi HK, CL inter ſe inclinantur, hoc eſt, angulum KHI, ſi fiat HI parallela CL.

Ducantur enim rectæ ad AC normales MCS, NHR, quæ ſecent DBV in punctis S, R. Sunt autem caſus quinque [Fig. 16—20], poſſunt enim anguli BCA, BHA, vel uterque eſſe minor recto, vel uterque major, vel angulus BCA major recto, et BHA minor. Vel BCA vel BHA rectus.

---

du „Cursus mathematicus" de Hérigone, ouvrage cité au T. I, p. 202, note 4: „L'angle de refraction que fait un rayon entrant de l'aire dans le crystal jusques au trentiesme degré d'inclination, est presque la troisiesme partie de l'inclination."

[2]) Cet énoncé ne se retrouve pas dans le manuscrit de la „Dioptrique" et il nous semble probable qu'il a été suppléé par de Volder et Fullenius lors de leur édition de 1703, où on le rencontre à la p. 196. D'ailleurs nous avons reproduit dans l'Appendice III au Liv. II de la Part. I, p. 238—239, une autre démonstration de cette proposition VI qui a déjà été appliquée aux p. 343, 345 et 382 et dont on trouvera dans le texte et dans les Appendices qui suivent d'autres applications nombreuses.

[3]) Leçon alternative: „complectentia"; mais celle du texte fut soulignée.

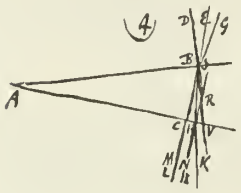
Je démontrerai d'abord que dans tous ces cas chacun des angles formés par les rayons BH, HK; BC et CL avec les droites perpendiculaires à AH eſt inférieur à 30°.

En effet, puiſque dans le premier cas [Fig. 16] l'angle A du triangle BAH eſt inférieur à 19°, et l'angle ABH à l'angle droit ABV, l'angle BHA ſera néceſſairement plus grand que 71°; retranchant cet angle de l'angle droit AHR on trouve donc un angle BHR inférieur à 19°. Or, le ſinus de cet angle, qui donc eſt inférieur à 32557 parties lorſque le rayon de la circonférence en a 100000, eſt au ſinus de l'angle NHK comme 2 eſt à 3 d'après la loi de la réfraction dans le verre [1]). Par conſéquent, le ſinus de l'angle NHK eſt inférieur à 48836 et l'angle NHK lui-même eſt inférieur à 30°; parce que le ſinus de 30° eſt 50000. On démontrera de la même manière que l'angle MCL lui auſſi eſt inférieur à 30°.

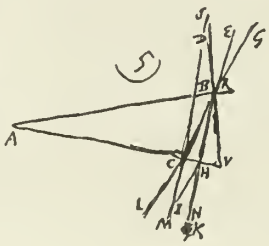
Deuxième cas [Fig. 17]. Comme l'angle DBG eſt inférieur à 29° et que ſon ſinus eſt à celui de l'angle VBC comme 3 eſt à 2, l'angle VBC ſera inférieur à $19\frac{1}{3}$°, d'après le lemme précédent. Mais l'angle VBC eſt égal à la ſomme des angles BSC et BCS. L'angle BCS eſt donc à plus forte raiſon inférieur à $19\frac{1}{3}$°, et ſon ſinus à 33107. Mais comme 2 eſt à 3, ainſi eſt le ſinus de l'angle BCS à celui de l'angle MCL. Par conſéquent, le ſinus de l'angle MCL eſt inférieur à 49662, et l'angle MCL lui-même à 30°. On démontrera de la même manière que l'angle NHK eſt inférieur à 30°.

Troiſième cas [Fig. 18]. On démontrera que l'angle NHK eſt inférieur à 30° de la même manière qu'au premier cas; et la même choſe pour l'angle MCL comme au deuxième cas.

[Fig. 19.]



[Fig. 20.]



Quatrième cas [Fig. 19]. On donnera pour l'angle NHK la même démonſtration qu'au premier cas.

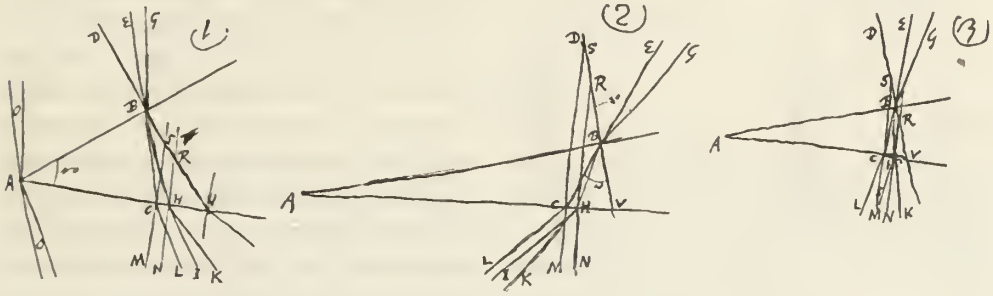
Cinquième cas [Fig. 20]. Même démonſtration pour l'angle MCL qu'au deuxième cas.

Ceci étant établi, la démonſtration procédera comme il ſuit. Dans tous les cas il faut conſidérer l'angle VBC comme égal aux deux tiers de l'angle DBG, parce que ce rapport eſt celui des ſinus de ces angles. De même il faut conſidérer l'angle VBH comme égal aux deux tiers de l'angle DBE. Par conſéquent, l'angle HBC ſera cenſé égal aux deux tiers de l'angle EBG. En outre, dans les trois premiers cas [Fig. 16—18] il faut conſidérer l'angle SCB comme égal aux deux tiers de l'angle MCL. De même l'angle RHB comme égal aux deux tiers de l'angle NHK. Il s'enſuit que dans le premier et dans le deuxième cas la différence des angles SCB et RHB doit être cenſée égale aux deux tiers de la différence des angles MCL et NHK, c'eſt-

In his omnibus oſtendam primò, angulos ſingulos quos radij BH, HK; BC, CL conſtituunt cum rectis perpendicularibus ad AH, minores eſſe 30 gradibus.

Nam 1.° caſu [Fig. 16] cum ſit in triangulo BAH ang. A minor 19 gr. et ABH minor recto ABV, erit neceſſario BHA major gr. 71, qui proinde ablatus ab recto AHR relinquit ang. BHR minorem gr. 19. Hujus vero ſinus, qui igitur minor eſt quam partium 32557 qualium radius circuli eſt 100000, eſt ad ſinum ang. NHK ut 2 ad 3 ex lege refractionis vitri [1]). Ergo ſinus anguli NHK minor quam 48836, et ang. ipſe NHK minor ang.° 30 gr. quippe cujus ſinus eſt 50000. Eadem ratione et ang. MCL minor probabitur quam 30 gr.

[Fig. 16.] [Fig. 17.] [Fig. 18.]



Caſu 2.° [Fig. 17] quoniam ang. DBG minor eſt quam 29 gr. ſinus vero ipſius ad ſinum ang.i VBC ut 3 ad 2, erit per lemma præc. angulus VBC minor gradibus $19\frac{1}{3}$. Sed ang. VBC æqualis eſt ſummæ ang. BSC et BCS. Ergo BCS omnino minor quam $19\frac{1}{3}$ gr. Et ſinus ejus minor quam partium 33107. Sicut autem 2 ad 3 ita ſinus ang. BCS ad ſinum ang. MCL. Ergo ſinus ang. MCL minor quam partium 49662. et angulus ipſe MCL minor itaque quam gr. 30. Eadem ratione oſtendetur ang. NHK minor 30 gr.

Caſu 3.° [Fig. 18] ang. NHK minor oſtendetur 30 gr. eodem modo quo in caſu primo. angulus vero MCL eodem modo atque in caſu ſecundo.

Quarto caſu [Fig. 19], de ang.° NHK demonſtratur eodem modo atque in caſu primo.

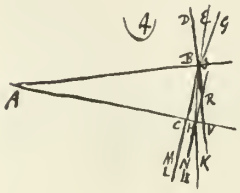
Item quinto caſu [Fig. 20] de ang. MCL eodem modo atque in caſu ſecundo.

His oſtenſis ſic procedet demonſtratio. Omnibus caſibus anguli DBG angulus VBC duabus tertijs æquari cenſendus, quia hæc eſt ſinuum ipſorum ratio. itemque anguli DBE duabus tertijs angulus VBH. ergo et anguli EBG duæ tertiæ cenſebitur angulus HBC. Rurſus tribus caſibus prioribus [Fig. 16—18] anguli MCL duabus tertijs æqualis cenſendus ang. SCB, itemque ang.i NHK duabus tertijs æqualis ang. RHB. Quare et caſu 1.° et 2.° duabus tertijs differentiæ angu-

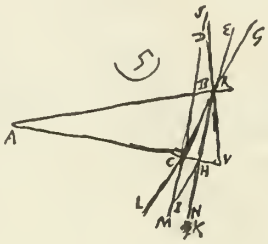
[1]) Voir la p. 13 du Tome préſent.

-à-dire aux deux tiers de l'angle KHI, vu que nous avons menée HI parallèlement à CL. Mais dans le troisième cas [Fig. 18] la somme des angles SCB et RHB doit être considérée comme égale aux deux tiers de la somme des angles MCL et NHK, c'est-à-dire ici aussi aux deux tiers de l'angle KHI. Or, dans ce cas il apparaît facilement que cette somme est égale à l'angle HBC, tandis que dans les deux premiers cas [Fig. 16—17] la différence des mêmes angles SCB et RHB est égale au même angle HBC. Par conséquent, dans ces trois cas l'angle HBC doit être considéré comme égal aux deux tiers de l'angle KHI. Mais le même angle HBC fut considéré comme égal aux deux tiers de l'angle EBG. Il s'ensuit que l'angle KHI doit être censé égal à l'angle EBG; ce qu'il fallait démontrer.

[Fig. 19.]



[Fig. 20.]



Et dans le quatrième cas [Fig. 19], où l'angle BCA est droit, CL coïncide avec CM et HI avec HN; et comme, d'après ce qui a été démontré plus haut, l'angle HBC doit être censé égal aux $\frac{2}{3}$ de l'angle EBG, et de même l'angle BHR ou HBC égal aux $\frac{2}{3}$ de l'angle IHK, il s'ensuit qu'ici aussi les angles IHK et EBG doivent être considérés comme égaux.

Enfin dans le cinquième cas [Fig. 20], où HK coïncide avec HN, il apparaît que l'angle BCS doit de nouveau être considéré comme égal aux deux tiers de l'angle MCL ou KHI. Mais ce même angle BCS, ou CBH qui lui est égal, fut considéré comme égal aux deux tiers de l'angle EBG. Il apparaît donc que dans ce cas aussi les angles KHI et EBG doivent être estimés égaux; ce qui restait à démontrer.

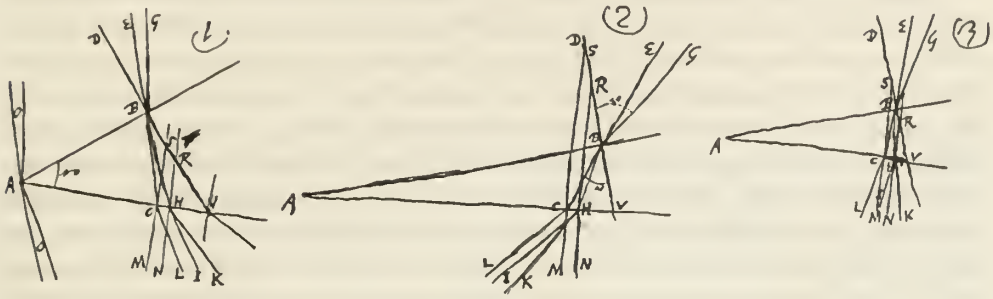
Or, si les rayons EB et GB ou d'autres rayons parallèles à eux [Fig. 16] tombent pour ainsi dire précisément sur l'angle A du corps transparent, il est évident qu'au même sommet A deux angles égaux (désignés par la lettre *o*) seront formés, l'un par les deux rayons incidents, l'autre par les deux rayons réfractés.

D'ailleurs on voit aisément comment ce même théorème peut être adapté à un indice de réfraction quelconque.

Du reste, vû que, ordinairement, lorsque dans la suite nous ferons usage de ce théorème, l'angle BAC, ainsi que les autres angles sous lesquels les rayons incidents et les rayons réfractés sont inclinés par rapport aux droites perpendiculaires à la surface réfringente, sera beaucoup plus petit que ceux que nous avons définis ici, et que de même les angles des rayons incidents EBG seront toujours très petits, il faut observer que les angles ou inclinaisons des rayons qui sortent du verre tendront d'autant mieux vers l'égalité parfaite avec les angles correspondants des rayons incidents, puisque le rapport des angles correspond alors plus précisément à celui des sinus.

lorum MCL, NHK, quæ differentia eſt angulus KHI, (nam HI parallelam duximus CL) æqualis cenſebitur differentia angulorum SCB, RHB. Caſu 3.° vero [Fig. 18], duabus tertijs ſummæ angulorum MCL, NHK, quæ ſumma rurſus eſt angulus KHI, æqualis cenſebitur ſumma angulorum SCB, RHB. Atqui hoc caſu ſum-

[Fig. 16.] [Fig. 17.] [Fig. 18.]



mam hanc facile apparet æquari angulo HBC. Caſibus vero 1.° et 2.° [Fig. 16 et 17] differentiam eorundem angulorum SCB, RHB æquari eidem angulo HBC. Ergo his tribus caſibus angulus HBC æqualis cenſendus duabus tertijs anguli KHI. Idem vero ang. HBC æqualis cenſus fuit duabus tertijs anguli EBG. Ergo angulus KHI æqualis cenſendus ang.° EBG, quod erat dem.

Caſu vero 4.° [Fig. 19], ubi ang. BCA eſt rectus, incidit CL in CM, et HI in HN; cumque angulus HBC ſit æqualis cenſendus $\frac{2}{3}$ ang. EBG, ex ante demonſtratis, et angulus BHR qui æqualis HBC, æqualis cenſendus $\frac{2}{3}$ anguli IHK. Sequitur et hic æquales eſſe cenſendos angulos IHK, EBG.

Denique caſu 5.° [Fig. 20], ubi HK cadit in HN, apparet rurſus angulum BCS æqualem cenſendum duabus tertijs ang.[1] MCL ſeu KHI; idem vero BCS ſeu ipſi æqualis CBH cenſus fuit duas tertias facere anguli EBG. Igitur apparet rurſus æquales cenſendos angulos KHI, EBG. quæ ſupererant demonſtranda.

Quod ſi radij EB, GB, vel ipſis paralleli [Fig. 16], incidant in ipſum velut angulum diaphani A, manifeſtum eſt ad eundem verticem A conventuros angulos duos æquales notatos *o*, quos bini incidentes radij ac bini refracti efficient.

Facile autem perſpicitur quomodo idem hoc Theorema ad quamlibet refractionis proportionem accommodari poſſit.

Sciendum etiam, quia cum in ſequentibus eo utemur, tam angulus BAC, quam cæteri quibus radij incidentes et refracti inclinantur ad rectas ſuperficiei refringenti perpendiculares longe minores plerumque erunt ijs quos hic definivimus. itemque anguli radiorum incidentium EBG ſemper exigui, eò propius ad horum perfectam æqualitatem acceſſuros angulos ſeu inclinationes radiorum e vitro egredientium, quia tanto propius angulorum ratio ſinuum rationi reſpondet.

Proposition VII.

Déterminer l'ouverture des lentilles dans les téleſcopes.

Comme il a été démontré [1]) que le groſſiſſement dans les téleſcopes munis de deux lentilles eſt égal au rapport de la diſtance focale de la lentille extérieure à celle de l'oculaire, ou bien, ſi ce dernier eſt concave, à la diſtance de ſon point de diſperſion [2]), il pourrait ſembler qu'avec un téleſcope, ſi court qu'il ſoit, il doive être poſſible d'obtenir un groſſiſſement quelconque. Mais il y a deux raiſons pour leſquelles il n'en eſt pas ainſi. La première c'eſt que, lorſque l'ouverture de la lentille extérieure reſte conſtante, le téleſcope donnera des images d'autant plus obſcures que ſon groſſiſſement, par l'emploi d'une lentille oculaire plus forte, ſera plus conſidérable. La ſeconde c'eſt qu'il donnera en même temps des images moins nettes. Et ſi l'on cherche à obtenir un meilleur effet en augmentant l'ouverture, la confuſion deviendra d'autant plus grande. Ce qui ſe rapporte à la clarté et à l'obſcurité des images [3]) ſera compris ſi nous faiſons attention à l'image de l'objet qui ſe forme ſur le fond de l'oeil; plus celle-ci deviendra grande, ſoit par la réfraction due aux lentilles ſoit ſeulement par la diminution de la diſtance, plus grande auſſi ſera la quantité des rayons partant de chaque point de l'objet qui devront pénétrer dans l'oeil pour que la clarté reſte la même. En effet, lorſque, en regardant à l'oeil nu, on s'approche de l'objet juſqu'à ce que la diſtance eſt devenue la moitié de ce qu'elle était, l'image formée ſur le fond de l'oeil acquiert un diamètre double, par conſéquent une ſurface quadruple. Mais d'autre part quatre fois plus de rayons, partant d'un point quelconque de l'objet, entrent dans la pupille, puiſque l'angle du cône lumineux devient double. Par conſéquent, on aperçoit l'objet également éclairé à l'une et à l'autre diſtance; c'eſt là une loi de la nature. Mais s'il faut conſtruire un téleſcope qui augmente dix fois le diamètre des objets et qui en même temps donne des images auſſi lumineuſes que lorſqu'on regarde à l'oeil nu, le diamètre de l'ouverture de la lentille extérieure devra être dix fois plus grand que celui de la pupille, même dans le cas où aucune partie des rayons ne ſerait interceptée ni par la réflection due aux deux ſurfaces de la lentille ni par la couleur du verre. Ainſi, en effet, tandis que la ſurface de l'objet eſt agrandie cent fois, la pupille recevra auſſi cent fois plus de lumière que lorſqu'on regardait à l'oeil nu.

Mais une bien plus faible quantité de lumière ſuffit pour les téleſcopes: ceux dont nous nous ſervons le jour ne ſont pas trop obſcurs lorſque leurs images poſſèdent ſeulement la ſixième ou la ſeptième partie de la clarté qu'on perçoit ordinairement avec les yeux. Et les téleſcopes plus longs, avec leſquels nous obſervons la lune et les planètes, exigent encore deux fois moins de lumière, parce que dans les ténèbres les yeux réagiſſent ſur une plus faible lumière que pendant le jour. C'eſt ainſi que dans un téleſcope long de 30 pieds qui agrandit

[Propositio VII.]

Lentium Aperturas in Telescopijs definire.

Cum ratio augmenti in duarum lentium telescopijs ea esse ostensa sit [1]) quæ foci distantiæ lentis exterioris ad ocularis foci distantiam; aut si hæc cava lens fuerit, ad distantiam puncti dispersus [2]), videatur forsan quamvis brevi telescopio quantumlibet aucta visibilia spectari posse. Sed duplex causa est quæ hoc impediat. Altera quod, manente eadem lentis exterioris apertura, quanto magis res visas amplificarit telescopium adhibita oculari lente acutiori tanto quoque obscuriores videri faciet. Altera quod et minus distinctas eas referet. Si vero augenda apertura remedium quæratur, eo magis augebitur confusio. Quæ ad lucem obscuritatemque attinent [3]) intelligentur si attendamus ad picturam illam rei visæ quæ in fundo oculi formatur; quæ quanto major efficietur, sive id refractione lentium fiat, sive solum propius accedendo, tanto majore copia a singulis rei punctis radij intra oculum recipiendi sunt, ut eadem claritas maneat. Si enim nudo oculo intuens duplo propius ad visibile accedas, fit ejus pictura in fundo oculi duplo quam fuerat major secundum diametrum, quadruplo secundum aream. Sed et quadruplo plures radij pupillam ingrediuntur ab unoquoque ejus puncto manantes, quia coni radiosi angulus duplus fit. Itaque eadem lux picturæ in utraque distantia percipitur, idque ita natura comparatum est. Si vero telescopium parandum sit decuplo augens visibilia ratione diametri, quodque tam lucida omnia referat atque cum nudo visu spectantur, debebit et in lente exteriori diameter aperturæ ad pupillæ diametrum decupla esse, etiamsi nec repercussu superficierum utriusque lentis, nec vitri colore pars ulla radiorum interciperetur. Sic enim cum rei visæ superficies centuplo augeatur, habebitur et lux centupla ejus quam nuda pupilla admittebat.

Sed multo minor lucis mensura telescopijs sufficit. Nam quibus interdiu utimur, non nimis obscura sunt si modo sextam vel septimam partem habeant claritatis quæ solet oculis percipi. Longiora vero, quibus luna ac Planetæ spectantur, duplo minori adhuc luce indigent, quod oculi per tenebras minore luce moveantur quam interdiu. Ita in telescopio 30 pedes longo, quod Planetas amplificat centies novies ratione diametri, eoque latitudinem aperturæ posceret, quæ ad eam quæ pupillæ

---

[1]) Voir la Prop. III, p. 455.
[2]) Voir la Prop. I, p. 443.
[3]) On peut comparer avec ce qui suit à propos de cette première cause la Prop. X des „Rejecta", p. 333—337.

109 fois le diamètre des planètes et qui exigerait donc une largeur d'ouverture ayant à celle de la pupille le rapport 109 : 1, c'eſt-à-dire qui ſerait environ de 11 pouces, la largeur de la pupille étant conſidérée comme égale à $\frac{1}{10}$ pouce, on trouve qu'une ouverture de 3 pouces ſuffit, quoique cette ouverture ne recueille pas la treizième partie de la lumière qui ſerait reçue par une ouverture de 11 pouces.

Mais la largeur de la pupille n'eſt pas exactement déterminée, ni toujours la même et encore ne ſait-on exactement quelle eſt la clarté suffiſante. Quant aux planètes plus éloignées et à cauſe de cela plus obſcures, il faut leur donner une clarté un peu plus grande qu' aux plus proches du ſoleil pour une raiſon dont je parlerai dans la ſuite [1]).

Ce qu'il faut chercher ſurtout c'eſt ceci : étant donné un téleſcope convenablement arrangé comme l'expérience l'a montré, pour lequel on connaît les diſtances focales de ſes deux lentilles et la plus grande ouverture de la lentille extérieure que ce téleſcope peut ſupporter, comment peut-on à l'aide de celui-ci déterminer les dimenſions d'un nombre quelconque d'autres téleſcopes de longueurs données [2]), produiſant des images également lumineuſes et également nettes? En effet, c'eſt par la ſolution de ce problème qu'on arrive à la connaiſſance de la nature et de la grandeur de l'avantage qu'on peut tirer d'un allongement des téleſcopes. C'eſt de cette manière auſſi qu'on peut examiner ſi les lentilles ont été travaillées et polies d'une manière convenable ou non.

Mais pour pouvoir tenir compte de la netteté de l'image, il faut ſavoir que deux cauſes contribuent à gâter cette netteté, dont la première eſt que la figure ſphérique des lentilles ne réunit pas en un ſeul point les rayons émanant d'un point de l'objet, mais leur donne une légère aberration, comme nous l'avons démontré plus haut [4]). La ſeconde eſt qu'un rayon tombant obliquement ſur la ſurface d'un corps tranſparent plus denſe, lequel rayon ſoit conſidéré comme une ligne droite, ne ſe meut plus ſuivant une ligne droite après la réfraction, mais eſt diviſé, pour ainſi dire, en pluſieurs rayons colorés formant entre eux de petits angles. Par exemple, lorſque le rayon CA [Fig. 21] tombe ſur la ſurface AB du verre, ce rayon ſera diſperſé, après la réfraction, à travers un petit angle DAE, dont le côté AD qui s'écarte le plus de la perpendiculaire GAF ſera porteur d'une couleur rouge, tandis que la couleur violette foncée appartiendra à l'autre rayon extrême AE et qu'entre D et E apparaîtront le jaune, le vert et le bleu dans le même ordre dans lequel on les voit ordinairement dans l'arc-en-ciel. M. Is. Newton a le premier découvert cette propriété et ſes conſéquences [6]); et recevant en un lieu obſcur les rayons du ſoleil réfractés par un priſme de verre [Fig. 22], il a obſervé que cette diſperſion du rayon a lieu d'une telle manière: comme ſi les indices de réfraction des différents rayons colorés étaient différents, et que le rayon CA contenait tous ces rayons colorés.

---

[1]) Voir la p. 509 qui suit.

[2]) Comparez la Prop XI des „Rejecta", p. 339—353, où Huygens traite le même problème

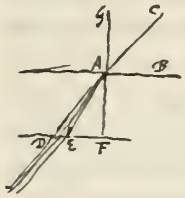
ſe haberet ut 109 ad 1; hoc eſt quæ pollicum eſſet fere 11, poſita nempe pupillæ latitudine $\frac{1}{10}$ poll., ſufficere invenitur apertura 3 pollicum latitudine. quæ minus quam decimam tertiam partem colligit ejus lucis quæ contingeret apertura pollicum 11.

Sed nec pupillæ latitudo certa eſt aut ſemper eadem, nec præciſe definiri poteſt, quæ claritas ſufficiat. Et planetis remotioribus atque eo obſcurioribus aliquanto amplior danda eſt, quam ſoli propioribus ob cauſam in ſequentibus dicendam [1]).

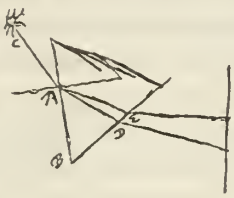
Illud vero omnino quærendum eſt, quomodo dato uno teleſcopio quod experientia docente rectè ſit ordinatum, cujuſque lentium duarum foci diſtantiæ datæ ſint, et apertura lentis exterioris quantam maximam pati poteſt; quomodo inquam ex hoc alia quotvis quarumcunque longitudinum definiantur [2]), ita ut viſibilia æque lucida, et æque diſtincta oſtendant [3]). Hinc enim cognoſcitur quid quantumque longitudine teleſcopiorum producenda profici poſſit. Item an recte elaborati expolitique ſint orbes vitrei an ſecus.

Diſtinctæ vero viſionis ratio ut habeatur, ſciendum eſt ex duplici cauſa eam vitiari, quarum altera eſt, quod ſphærica lentium convexitas non ad punctum unum cogat radios a puncto rei viſæ manantes, ſed aliquantulum aberrare faciat, ut in ſuperioribus oſtenſum fuit [4]). Altera, quod radius in ſuperficiem denſioris diaphani oblique incidens, ac velut [5]) recta linea habitus, poſtquam refractus fuerit non amplius in linea feratur, ſed velut in plures ſpargatur exiguis angulis diſſidentes, coloribuſque infectos. Veluti ſi in ſuperficiem vitri AB [Fig. 21] incidat radius CA is refractus ſpargetur angulo exiguo DAE, cujus latus AD à perpendiculo GAF magis recedens colorem rubrum deferet, alterum extremum AE violaceum obſcurum; inter D et E vero apparebunt flavus, viridis, cæruleus, eodem ordine ut in Iride ſpectari ſolent. Hoc ita eſſe et quidnam ex eo ſequeretur, pridem advertit V. Cl. Iſ. Newtonus [6]); ac priſmate vitreo radios ſolis refractos in loco obſcuro excipiens [Fig. 22] obſervavit ea lege hanc radij diſſipationem contingere ac ſi variæ eſſent variè coloratorum radiorum refractiones, aliæ alijs majores, radiuſque CA omnes

[Fig. 21.]



[Fig. 22.]



mais en ne tenant compte que de la première et la moins importante des deux causes qui seront indiquées dans l'alinéa qui suit.

[3]) Leçon alternative: „exhibeant".

[4]) Voir les Prop. IV et V, Part. II, p. 281—307. On lit encore en marge „hyperbolæ", ce qui semble indiquer l'intention d'intercaler ici quelques mots sur les lentilles hyperboliques.

[5]) Leçon alternative: „tanquam".

[6]) On trouve en marge: „Vide Acta Soc. Regiæ Anglicanæ anni 1672, mens. Febr."; voir l'article de Newton cité dans la note 2 de la p. 156 du T. VII.

Et il a trouvé que les rayons extrêmes ſont réfractés de telle façon en AD et en AE que ſin GAC : ſin FAD = 68 : 44, et ſin GAC : ſin FAE = 69 : 44 [1]). Enſuite il en a conclu que dans toute lentille en verre telle que AB [Fig. 23] poſſédant l'axe CD, où la partie la moins réfractée, portant la couleur rouge, des rayons extrêmes parallèles à l'axe KA et LB rencontre l'axe en D, tandis que la partie violette la plus réfractée le rencontre au point E, ED ſera égale à $\frac{1}{50}$ CD; et que, par conſéquent, ſi l'on prolonge AE et BE juſqu'à ce qu'elles rencontrent en F et en G la droite menée par D parallèlement à la lentille AB, la ligne GF, diamètre du cercle d'aberration, devient égale à la cinquantième partie du diamètre AB [3]). L'angle DAF ſera donc auſſi conſidéré comme égal à la cinquantième partie de l'angle ADC. La raiſon de ces énoncés apparaît aiſément lorſqu'on conſidère la lentille AB comme planconvexe, la ſurface convexe ACB faiſant partie d'une ſphère de rayon CN. En effet, comme 68 eſt à 44, ainſi ſera ND à DC [4]), mais comme 69 eſt à 44, ainſi ſera NE à CE. C'eſt pourquoi NC ſera à CD comme 24 eſt à 44 et NC : CE = 25 : 44, et par ſuite DC : CE = 25 : 24, ou CD : DE = = 25 : 1. Mais ce que nous avons démontré ici à propos de la lentille planconvexe, s'applique également à toute autre lentille, attendu que pour des lentilles de même épaiſſeur les diſtances focales ſont égales [5]).

Or, cette dernière aberration eſt d'une autre nature que celle due à la forme ſphérique des lentilles; elle eſt en géneral beaucoup plus grande. Car, conſidérons par exemple la lentille AB poſſédant une ſurface plane et une ſurface convexe, cette dernière étant expoſée aux rayons incidents; ſuppoſons la diſtance focale HD égale à 1 pied ou 12 pouces et l'ouverture AB égale à un demi-pouce, ce qui eſt environ l'ouverture qu'il faut donner à cette lentille dans un téleſcope d'un pied; alors HC, l'épaiſſeur de la lentille, eſt égale à $\frac{1}{192}$ pouce [6]) et les $\frac{7}{6}$ de cette longueur [7]), c'eſt-à-dire $\frac{1}{164}$ pouce, indiquent la grandeur de l'aberration totale DE provenant de la figure ſphérique. Mais pour l'aberration Newtonienne on aura DE = $\frac{1}{50}$ CD [8]), c'eſt-à-dire aux $\frac{12}{50}$ d'un pouce. Elle eſt donc ici à la première aber-

[1]) On trouve en marge: „Newtoni diffusio. nimiam ponit. Sed longe major aberratione altera". De plus, on lit à côté du mot „diffusio" les termes suivants „sparsio, divisio, dilatatio", par lesquels évidemment le même phénomène pourrait être désigné.

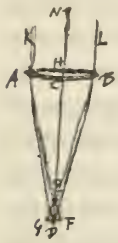
Quant à l'estimation différente par Newton et par Huygens de la grandeur de la dispersion, exprimée par la phrase „nimiam ponit", on peut consulter à ce sujet, en outre de l'explication qui va suivre dans le texte, la p. 243 du T. VII.

[2]) Leçon alternative „coccineum".

[3]) Il est parfaitement vrai qu'à la p. 3079 de l'article cité dans la note 6 de la page précédente Newton avait indiqué le rapport 1 : 50 comme celui du diamètre du cercle d'aberration à celui de la lentille; mais, comme Newton l'explique dans une lettre à Oldenburg dont on trouve un extrait à la p. 207 du T. VII, il avait en vue le diamètre qu'on obtient en coupant le faisceau lumineux par un plan qui passe par les points d'intersection d'un rayon violet avec le rayon rouge qui arrive du côté opposé du bord de la lentille. Or, la ligne GF de la Fig. 23 qui constitue le diamètre du cercle d'aberration tel que Huygens le définit est le

istos contineret. Extremos autem in AD, AE ita refringi ut quidem sinus anguli GAC, ad sinum anguli FAD, esset ut 68 ad 44, ad sinum vero anguli FAE ut 69 ad 44 [1]). atque hinc porro collegit, in quavis lente vitrea, ut AB [Fig. 23], cujus axis CD, si radiorum extremorum axi parallelorum KA, LB pars levius refracta ac rubrum [2]) colorem deferens conveniat cum axe in D, maxime vero refracta ac violacea in E, tunc esse ED æqualem $\frac{1}{50}$ CD, ac proinde si producantur AE, BE donec occurrant in F et G rectæ per D ductæ ac lenti AB parallelæ, fieri GF, diametrum circelli aberrationis æqualem parti quinquagesimæ diametri AB [3]). Unde et ang. DAF censebitur efficere $\frac{1}{50}$ ang.° ADC. Quorum ratio facile apparet posita lente AB planoconvexa, cujus convexa superficies ACB sit a sphæra cujus semidiameter CN. Sicut enim 68 ad 44 ita erit ND ad DC [4]), sicut vero 69 ad 44 ita NE ad EC. Quare NC ad CD ut 24 ad 44 et NC ad CE ut 25 ad 44 ac proinde DC ad CE ut 25 ad 24. Et CD ad DE ut 25 ad 1. Quod autem de lente hac planoconvexa ostendimus, omni quoque alij convenit, quia in æque crassis æquales sunt foci distantiæ [5]).

[Fig. 23.]



Est autem aberratio hæc et alius naturæ et plerumque longissime superat eam quæ ratione figuræ sphæricæ contingit. Nam si sit ex. gr. lens AB, cujus altera superficies plana sit, altera convexa, atque ea radijs incidentibus exposita, foci vero distantia HD sit ped. 1, seu poll. 12, apertura AB dimidij pollicis, quanta circiter huic lenti in pedali telescopio danda est; sit HC crassitudo lentis $\frac{1}{192}$ poll. [6]) cujus $\frac{7}{8}$ [7]), hoc est $\frac{1}{1664}$ poll. definit aberrationem totam DE, quæ ex figura sphærica oritur. Sed ex Newtoniana aberratione erit DE $\frac{1}{50}$ CD [8]), hoc

double du diamètre du cercle d'aberration de Newton; elle est, en effet, égale à $\frac{1}{25}$ AB. On a donc par approximation ∠ DAF $= \frac{1}{25}$ ∠ ADC et non pas $\frac{1}{50}$ ∠ ADC comme le texte le donnera dans la phrase qui suit. Voir encore le dernier alinéa de la note 3 de la p. 315 et la note 8 qui suit.

4) Voir la Prop. XIV, Part. I, Lib. I à la p. 81.

5) C'est-à-dire, si leurs largeurs sont égales; comparez la Prop. III, Part. II, p. 277 et surtout la note 4 de cette page.

6) Puisque le rayon de la surface convexe est supposé égal à 6 pouces. On a donc, pour l'épaisseur HC, $6 - \sqrt{6^2 - (\frac{1}{4})^2} = 6 - 6\sqrt{1 - (\frac{1}{24})^2} = 6 - [6 - 6.\frac{1}{2}.(\frac{1}{24})^2] = \frac{1}{192}$.

7) Voir la p. 287 du Tome présent.

8) Lisez $\frac{1}{25}$ CD comme Huygens lui-même l'a montré un peu plus haut. Et de même on doit changer les nombres $\frac{12}{50}$ et 39, qui suivent, en $\frac{12}{25}$ et 79. Or, il est clair, que cette erreur est la conséquence d'une confusion entre le rapport 50 : 1 donné par Newton comme appartenant à sa conception du cercle d'aberration et le rapport 25 : 1 que Huygens devait trouver d'après la sienne; confusion qui s'explique par le fait que Huygens avait primitivement laissé en blanc les nombres 68, 69 et 44 et tous ceux qui s'en déduisent, évidemment parce qu'il n'avait pas en main l'article de Newton dont il avait retenu le nombre final de $\frac{1}{50}$. D'ailleurs il est clair que pour la comparaison avec l'aberration sphérique, on doit choisir ici la conception de Huygens parce qu'elle est conforme à sa manière de traites cette dernière aberration. Ajoutons

artion comme 39 eſt à 1. Et plus les téleſcopes ſont longs, plus grande ſera cette différence des aberrations.

Mais comme il pourrait ſembler qu'un ſi grand défaut de la réfraction devrait gâter abſolument l'effet des téleſcopes, tandis que l'expérience nous apprend le contraire, nous devons rendre raiſon de cette contradiction apparente. Il faut donc remarquer que cette image colorée du ſoleil telle que Newton l'a obſervée [1]) réunit de beaucoup la plus grande partie de la lumière là où brille la couleur jaune, à côté de la couleur rouge; mais qu'elle devient beaucoup plus obſcure du côté où elle tend vers le violet. Et il eſt hors de doute que lorſque les rayons proviennent d'une ſource de lumière autre que le ſoleil, la plus grande partie des rayons aberrants ne peuvent être aperçus. Il s'enſuit que les rayons iſſus des différents points d'un objet éloigné forment au foyer d'une lentille convexe une image ſuffiſamment nette et à contours diſtincts quoique enveloppée d'une certaine luminoſité comme d'une vapeur, laquelle provient de cette aberration, c'eſt-à-dire de la diſperſion des différents rayons.

Il faut remarquer [2]) que la propoſition VI [3]) peut être étendue à des rayons diſperſés en couleurs diverſes. En effet, il en réſulte qu'on obſerve la même loi pour les rayons diſperſés que pour les rayons blancs; puiſſe, par exemple, le rayon SD [Fig. 24] ſe diſſiper en DO rouge et DR violet; et de même le rayon ND en DB rouge et DF violet. On conclut, diſ-je, de cette propoſition VI que les angles BDO déterminé par les rayons rouges et FDR déterminé par les rayons violets ſeront l'un et l'autre égal à l'angle SDN.

Nous pourrons encore en déduire non inopportunément le lemme ſuivant:

L'aberration NDM appartenant au rayon incident BD ſera égale à l'aberration BDF qui correſpond au rayon réfracté ND.

En effet, comme au rayon incident BD correſpond l'aberration NDM ou, ce qui eſt la même choſe, au rayon incident SD l'aberration ODR = NDM, et comme d'autre part l'aberration BDF correſpond au rayon incident ND, les angles BDO déterminé par la couleur rouge et FDR déterminé par la couleur violette ſeront l'un et l'autre égal à l'angle SDN et, par conſéquent, égaux entre eux; en d'autres termes, on aura ∠BDO = ∠FDR, et ſi l'on retranche l'angle commun FDO, ou obtiendra que l'angle reſtant BDF eſt égal à ODR, c'eſt-à-dire à NDM; ce qu'il fallait démontrer.

Je procéderai maintenant à la détermination des ouvertures des téleſcopes et je démontrerai que: Les diamètres des ouvertures doivent être

---

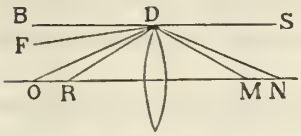
que nous n'avons trouvé aucune trace que Huygens ait jamais essayé une détermination expérimentale de la valeur de l'aberration chromatique.

eſt $\frac{12}{50}$ pollicis. Quæ itaque ad priorem ſe hic habet ut 39 ad 1. Quo longiora vero teleſcopia, eo major erit hæc aberrationum differentia.

Quia autem tanto refractionis vitio videri poſſet penitus corruptum iri omnem teleſcopiorum effectum, quod tamen contra evenire experimur; omnino exponenda eſt hujus rei ratio. Sciendum itaque imaginem illam Solis coloratam qualem Newtonus obſervavit [1]), longe maximam lucis partem colligere ubi flavus color effulget, rubro proximus. Eandem vero multo fieri obſcuriorem qua parte ad violaceum tendit. Nec dubitandum, quin ſi ab alia quam a Solis luce radij adveniant, major pars aberrantium ſentiri nequeat. Ita fit ut qui a ſingulis viſibilium punctis manant, lentis convexæ opera picturam rei procul poſitæ ſatis diſtinctam ac circumſcriptam in foco exhibeant, etſi luce quadam, veluti nebula, aſperſam, quæ ab iſta aberratione ſeu radiorum ſingulorum diſperſu oritur.

Notandum [2]) autem Propoſ. VI [3]) ad radios in varios colores diſſipatos, extendi poſſe. Ex ea enim ſequitur, eandem obſervari legem in radijs diſſipatis, quæ in puris; ex gr. SD [Fig. 24] radius diſſipetur in DO colorem rubrum et DR violaceum; itemque radius ND in rubrum DB et violaceum DF, ſequitur inquam, ex hac prop. VI angulos BDO a radijs coloris rubri et FDR a radijs coloris violacei deſcriptos ſingulos fore æquales angulo SDN.

[Fig. 24.]



Unde non incommode et illud ad modum Lemmatis deduci poteſt:

Aberrationem NDM per radium incidentem BD productam, fore æqualem aberrationi BDF genitæ per refractum ND.

Quia enim a radio incidente BD fit NDM aberratio, vel quod idem eſt, ab incidente SD aberratio ODR ∞ NDM, rurſus quia ex incidente ND fit aberratio BDF, erunt anguli BDO a colore rubro, et FDR a violaceo deſcripti, ſinguli æquales ang. SDN, ergo etiam inter ſe æquales id eſt, ang. BDO ∞ FDR, unde demto communi ang. FDO, erit reliquus BDF ∞ ODR id eſt NDM, q. e. d.

Nunc ad aperturas teleſcopiorum definiendas pergam, oſtendamque, diametros aperturarum in ſubdupla ratione foci diſtantiarum lentis

---

[1]) Voir la Fig. 22 et comparez toujours l'article de Newton mentionné dans la note 6 de la p. 483.

[2]) Ce qui suit, jusqu' aux mots „Nunc ad aperturas", et de même la figure 24 qui y appartient manque dans le manuscrit dans l'état où nous le possédons. Le passage doit avoir été intercalé par de Volder et Fullenius, ou avoir été emprunté par eux à une feuille séparée, perdue depuis.

[3]) Voir la p. 475.

pris dans un rapport égal à la racine carrée du rapport des diſtances focales de la lentille extérieure; et de même auſſi les diſtances focales des lentilles oculaires [1]).

Conſidérons un téleſcope compoſé des lentilles AC et DP [Fig. 25], dont la première eſt la lentille extérieure et la ſeconde l'oculaire. Soit CP l'axe du téleſcope paſſant par les deux lentilles à leur milieu; puiſſe cet axe couper la pupille de l'oeil au point T et ſon fond au point N. Prenons CF comme diſtance focale de la lentille AC, et PF comme diſtance focale de la lentille DP. Soit AC la largeur de la moitié de l'ouverture. Suppoſons ce téleſcope bien conſtruit par rapport à la clarté et à la netteté des images, de ſorte qu'il ne puiſſe ſupporter ni une plus grande ouverture de la lentille extérieure ni une plus forte lentille oculaire. Qu'il s'agiſſe maintenant de conſtruire un autre téleſcope plus long et groſſiſſant plus fortement, dont la lentille **ac** [Fig. 26] ait une diſtance focale **cf** d'un rapport donné à CF. On demande de calculer à l'aide du téleſcope donné le diamètre de l'ouverture **aa** ainſi que la diſtance focale **pf** de la lentille oculaire, de telle ſorte que le deuxième téleſcope donne des images auſſi lumineuſes et auſſi nettes que le premier, compoſé des lentilles AC et PD.

Indiquons dans les deux cas toutes les parties de la figure par les mêmes lettres, mais de forme différente, les deux figures étant conſtruites de la même manière.

Soit F le point de concours des rayons parallèles à l'axe qui amènent la couleur rouge, tant pour ceux qui tombent du dehors ſur la lentille AC que pour ceux qui arriveraient du côté de l'oeil pour tomber ſur la lentille PD. Mais ſuppoſons que le point de concours des rayons parallèles venant de la lentille AC qui nous font voir la couleur violette soit le point B; tandis que G repréſente le point de concours des rayons parallèles qui conduiſent cette couleur à travers la lentille PD. Or, la conſtitution de l'oeil ſoit par hypothèſe telle qu'il réunit en un point unique de ſon fond les rayons rouges tombant ſur lui parallèlement à l'axe. Nous négligeons ici l'aberration provenant de la forme ſphérique, attendû que cette aberration, comme nous l'avons déjà dit, n'a aucune importance comparée à celle qui provient des couleurs. Par conſéquent, ſi du bord de l'ouverture AA on trace les droites ABD [2]) et AFO rencontrant la lentille PD en D et en O, ces droites repréſenteront les rayons colorés extrêmes provenant d'un ſeul rayon parallèle à l'axe par ſuite de la réfraction due à la lentille AC. Traçons les droites DF, FA et DG et ſuppoſons que l'axe CP prolongé coupe la pupille de l'oeil au point T et atteigne le fond de l'oeil au point N. Menons la droite DE parallèlement à l'axe depuis la lentille oculaire juſqu'à la pupille et joignons les points E et N. Du reſte, l'angle

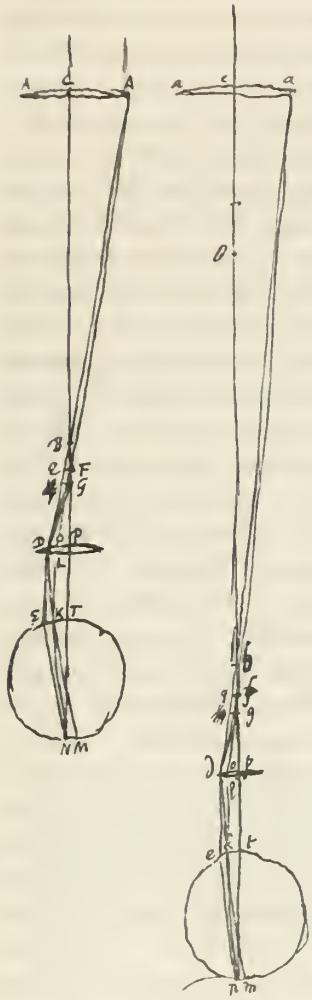
[1]) On trouvera une rédaction antérieure de la démonstration de cette proposition au § 1 de l'Appendice VIII, p. 619—621. Elle doit dater de 1684.

[2]) On trouve écrite dans l'espace entre les deux figures l'annotation suivante „ABD incedet

exterioris esse ponendos. atque ita quoque foci distantias lentium ocularium [1]).

Sit telescopium ex lentibus AC, DP [Fig. 25] compositum, AC exteriori, DP oculari, axis telescopij per utramque mediam lentem transiens sit CP, qui pupillam oculi secet in T puncto, ejusque fundo occurrat in N. Foci distantia lentis AC sit CF, lentis DP foci distantia PF. dimidiæ aperturæ latitudo sit AC. Ponatur vero telescopium hoc recte ordinatum, quantum ad lucem ac distinctam visionem attinet, ut nec majorem aperturam in exteriori lente ferre possit, nec acutiorem lentem ocularem; jamque aliud sit construendum, longius ac majoris amplificationis, cujus lens **ac**, habeat foci distantiam **cf**, datæ rationis ad CF, quæraturque hinc diameter aperturæ **aa**, itemque foci distantia lentis ocularis **pf**, quibus fiat æque lucidum hoc telescopium, et æque distincte res visas exhibens, atque illud ex lentibus AC, PD.

[Fig. 25.] [Fig. 26.]



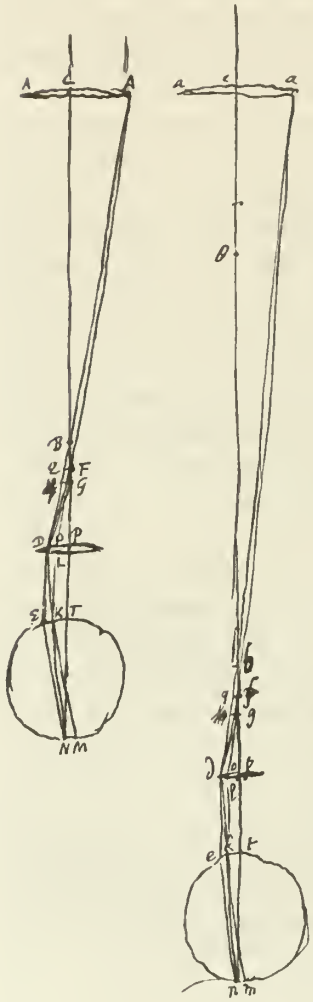
Sint omnia ejusdem nominis sed diversæ figuræ literis utrobique notata, et constructio eadem.

Intelligatur nempe F esse punctum concursus radiorum axi parallelorum qui rubrum colorem adferunt, tam in lentem AC extrinsecus advenientium, quam qui in lentem PD caderent à regione oculi. Sed B esse concursum parallelorum lentis AC, qui violaceum exhibent. G concursum parallelorum qui colorem hunc ducunt per lentem PD. Oculi vero ea sit constitutio, ut radios rubros axi parallelos excipiens perducat ad punctum unum fundi sui. Aberrationem quæ ex figura sphærica oritur pro nulla hic habemus, quippe quæ ut jam diximus nullius momenti sit ad hanc quæ fit ex coloribus, ac proinde si ab extrema apertura AA ducantur rectæ ABD [2]), AFO quæ lenti PD occurrant in D et O, eæ referent radios coloratos extremos quos ex uno axi parallelo radio fecit refractio lentis AC. Jungantur DF, FA, DG, et productus axis CP secet oculi pupillam in puncto T, ejusque fundo incidat in N. Sitque recta DE axi parallela a lente oculari ad pupillam ducta, et jungatur EN. Cæterum angulus BDF, a cujus

non in extremam lentem PD et lineolam intra lentem ducere oportet quod non refert et potest lens hæc majuscula pingi."

BDF, de la grandeur duquel dépend, comme nous le montrons, l'aberration au fond de l'oeil, peut être appelé l'angle d'aberration.

[Fig. 25.] [Fig. 26.]



Comme donc un rayon violet allant de G à D se dirigerait suivant DE parallèlement à l'axe, le rayon ABD de la même couleur ne pourra être réfracté selon DE, mais se rendra à la pupille en suivant, d'après la proposition VI [1]), une droite DK plus rapprochée de l'axe de telle manière que les angles BDG et EDK deviendront égaux. Traçons KL parallèle à l'axe. Parce que l'oeil, comme nous l'avons supposé, est construit de telle manière que des rayons rouges parallèles DE et LK viendraient se réunir en un point N du fond de l'oeil, le rayon DK, même s'il est rouge, ne se rendra pas au même point (et encore moins, s'il est violet), mais se mouvra plus près de l'axe selon KM de telle manière que les angles NKM et DKL, ou leurs sinus, auront entre eux un rapport déterminé [2]) dont la grandeur n'a pour le moment aucune importance. Or, il faut que dans les deux télescopes les angles NKM soient égaux pour que les images soient également nettes; car lorsqu'il en est ainsi, l'aberration NM au fond de l'oeil sera aussi la même dans les deux cas. En effet, nous savons que le rayon rouge AFO après avoir traversé la lentille PD sera parallèle à l'axe et descendra donc au point N du fond de l'oeil. Il est donc nécessaire que les angles DKL ou KDE ou BDG soient égaux dans les deux cas. Ou bien les angles BDF. Car alors on pourra à bon droit considérer les angles BDG comme égaux, puisque dans les deux cas les angles FDG (quoiqu'inégaux entre eux) sont fort petits par rapport à ceux-là. En effet, on a CF : FB = PF : FG d'après la nature de l'aberration que nous considérons [3]); d'où l'on tire par permutation CF : FP = = FB : FG. Mais CF surpasse de beaucoup FP; dans le télescope de 30 pieds, par exemple, le rapport de ces deux longueurs est de 120 [4]) à 1. Par conséquent, FB surpasse FG dans le même rapport, et il en est à-peu-près de même pour l'angle BDF et l'angle FDG.

Ceci étant établi, nous continuerons le calcul de la manière suivante. Posons dans le cas du premier télescope CF = b, FP = c, AC = a, et dans le cas du

[1]) Voir la p. 475.

magnitudine pendere oſtendimus aberrationem in fundo oculi, vocetur angulus aberrationis.

Quum igitur radius qui ex G in D ferretur violaceo colore tinctus abiturus ſit in DE axi parallelam, non poterit radius hujus coloris ABD in DE refringi, ſed ex propoſ. [VI] [1]) interius feretur ad pupillam per DK, ut fiant anguli æquales BDG, EDK. Sit KL axi parallela, quia itaque ea eſt oculi conſtitutio ut radij rubri paralleli DE, LK, conveniant in fundo ad punctum N, non conveniet eodem radius DK, etiamſi ruber, ac minus etiam cum ſit violaceus, ſed interior feretur ſecundum KM, ut angulus NKM ad DKL ſeu ſinus ad ſinum certam rationem habeat [2]), quæ cujuſmodi ſit ſcire nihil intereſt. Sed in utroque teleſcopio æquales eſſe oportet angulos NKM, ut æque diſtincta viſio exiſtat; quia ſic aberratio quoque NM in fundo oculi utrobique æqualis erit. Conſtat enim radium rubrum AFO penetrata lente PD futurum axi parallelum, eoque deſcenſurum ad punctum in oculi fundo N. Oportet itaque et angulos DKL, ſeu KDE, ſeu BDG, utrobique æquales eſſe. Sive etiam angulos BDF. Tunc enim et anguli BDG pro æqualibus rectè habebuntur, quia utrobique minimi ſunt horum reſpectu (licet inæquales inter ſe) anguli FDG. Sicut enim CF ad FB ita eſt PF ad FG, ex natura hujus aberrationis [3]); unde permutando ut CF ad FP ita FB ad FG. Atqui CF ſuperat longiſſime FP, ut in teleſcopio ex. gr. pedum 30, ſit earum ratio quæ 120 [4]) ad 1. Ergo ita quoque FB ſuperat FG, et ita fere angulus BDF angulum FDG.

Ex his jam calculum proſequemur hoc modo. Sit in priore teleſcopio CF ∞ b; FP ∞ c; AC ∞ a: in poſteriore **cf** ∞ d, **fp** ∞ y; **ac** ∞ x. Et fiat ſicut CF ad

---

[2]) Comparez le second alinéa de la p. 345 vers la fin. Mais le raisonnement n'est pas tout-à-fait exact ici. En effet, pour trouver la direction du rayon violet DK après sa réfraction à la surface de la pupille, il est clair qu'on doit mener une droite KN′ qui coupe l'axe CP au foyer N′ des rayons violets et qu'ensuite il faut tirer KM en sorte qu'on a $\angle N'KM = \frac{1}{n}\angle DKL$, où n représente l'indice de réfraction de la matière de l'oeil. On a donc $\angle NKM = \angle NKN' + \angle N'KM$, où l'angle NKN′ n'est pas proportionnel à l'angle DKL. Tout dépend donc de la grandeur de cet angle NKN′. Or, il est égal à-peu-près, si l'on accepte les données de Newton, à la vingt-cinquième partie de l'angle KNT, qui lui-même est plus petit que l'angle ENT dont le rapport à l'angle DFP est égal à celui de FP à TN. On a donc $\angle NKN' < \frac{1}{25}\cdot\frac{FP}{TN}\cdot\angle DFP$; valeur qui est égale à $\frac{FP}{TN}\cdot\angle FDG = \frac{FP}{TN}\cdot\frac{FP}{FC}\cdot\angle BDF$, où $\angle BDF$ peut être remplacé sans erreur sensible par $\angle BDG = \angle EDK = \angle DKL$. Par conséquent, $\angle NKN' < \frac{FP}{TN}\cdot\frac{FP}{FC}\cdot n.\angle N'KM$ et, puisque $\frac{FP}{FC}$ est une petite fraction, il s'ensuit qu'on pourra négliger l'angle NKN′ par rapport à l'angle N′KM qui constitue la partie de l'angle NKM qui est proportionnelle à l'angle d'aberration BDF.

[3]) Voir la p. 485.

[4]) Lisez 109; mais consultez la note 2 de la p. 496.

deuxième **cf** $= d$, **fp** $= y$, **ac** $= x$. Prenons un point θ tel qu'on ait CF : : FP $=$ θ**f** : **fp**. On aura donc θ**f** $= \frac{by}{c}$. Comme donc le grossissement dû au premier telescope est égal à CF : FP, ou à θ**f** : **fp**, et le grossissement dû au deuxième telescope à **cf** : **fp**, les diamètres des images produites par les deux telescopes seront entre eux comme θ**f** est à **cf**. Mais AC doit avoir à **ac** le même rapport, puisque nous voulons que les deux telescopes donnent des images également lumineuses; ce qui arrivera lorsque, plus l'un des deux grossit les objets, plus aussi est grande l'ouverture avec laquelle il assemble les rayons issus d'un même point de ces objets. AC est donc à **ac**, c'est-à-dire a est à x, comme θ**f** est à **cf**, c'est-à-dire, d'après ce que nous avons dit plus haut, comme $\frac{by}{c}$ est à d. Il s'ensuit que y ou **fp** est égale à $\frac{adc}{bx}$.

[Fig. 27.]

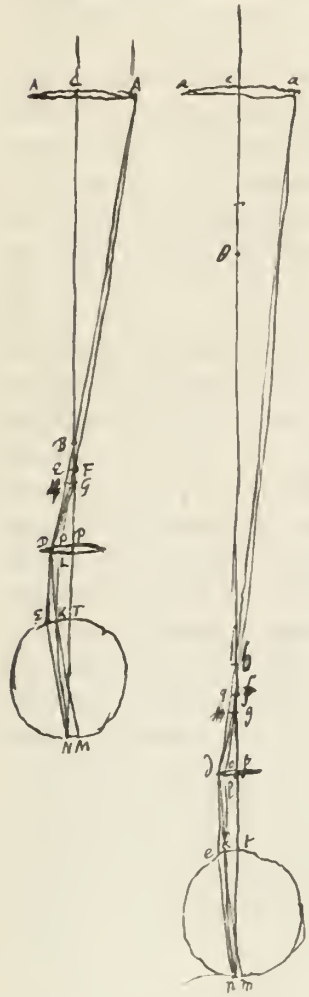
Traçons FQ perpendiculairement à l'axe, et supposons qu'elle coupe la droite DA au point Q. Comme on a alors CB : : BF $=$ **cb** : **bf** (car BF est égale à $\frac{1}{50}$ CB dans les deux figures, comme nous l'avons montré plus haut [1])), on aura aussi CA : FQ $=$ **ca** : **fq**. Et, par permutation, CA : **ca** $=$ FQ : **fq**. Mais puisque, comme nous l'avons dit, les angles d'aberration BDF et **bdf** doivent être égaux, on aura DF : FQ $=$ **df** : **fq**, ou PF : FQ $=$ **pf** : **fq**, attendu que dans les deux cas PF et DF peuvent être censées égales à cause de la petitesse de leur différence. Par conséquent, on aura aussi, par permutation, PF : **pf** $=$ $=$ FQ : **fq**, ou $=$ CA : **ca**. Or, PF $= c$, **pf** $= \frac{adc}{bx}$ et CA $= a$. Par conséquent, **ca** ou $x = \frac{aad}{bx}$ et $bxx = aad$, c'est-à-dire, $xx : aa = d : b$, ou $x : a = \sqrt{d} : \sqrt{b}$; ce qu'il fallait démontrer.

On prouve ensuite de la manière suivante que les distances focales des lentilles PD et **pd** sont entre elles comme les diamètres des ouvertures AA et **aa**. Comme, d'après ce que nous avons dit, $a : x = \frac{by}{c} : d$, on aura aussi $aa : xx = \frac{bbyy}{cc} : dd$. Mais nous avions $aa : xx = b : d$. Par conséquent, $\frac{bbyy}{cc} : dd = b : d$. Il s'ensuit que $byy = ccd$ et $cc : yy = b : d$, c'est-à-dire $= aa : xx$; donc aussi $c : y = a : x$, c'est-à-dire le rapport des distances focales FP et **fp** est égal au rapport des rayons des ouvertures AC et **ac**.

Pour les telescopes composés d'une lentille convexe et d'une lentille concave [Fig. 27] on peut prouver les mêmes choses par une démonstration entièrement analogue, avec cette différence seulement que la distance du

FP ita linea **θf** ad **fp**, eritque **θf** ∞ $\frac{by}{c}$. quia igitur ratio augmenti in priore telescopio est ea quæ CF ad FP, seu **θf** ad **fp**; in posteriore vero ea quæ **cf** ad **fp**, erunt in utroque magnitudines apparentes secundum diam. inter se ut **θf** ad **cf**. quam eandem rationem habere debet AC ad **ac**; quia æque lucidum esse volumus telescopium utrumque: quod ita fiet, si quanto magis alterum res visas auget, tanto majori apertura radios colligat ab earum singulis punctis profectos. Est igitur AC ad **ac**, hoc est, *a* ad *x*, ut **θf** ad **cf**, hoc est, ex ante dictis, ut $\frac{by}{c}$ ad *d*. unde sit *y* seu **fp** ∞ ∞ $\frac{adc}{bx}$. Ducatur FQ axi perpendicularis, quæ rectæ DA occurrat in Q. Quia itaque ut CB ad BF ita **cb** ad **bf** (nam utrobique BF est $\frac{1}{50}$ CB, ex supra expositis[1])); erit et CA ad FQ ut **ca** ad **fq**. Et permutando CA ad **ca** ut FQ ad **fq**. Quia vero, ut dictum fuit, æquales debent esse anguli aberrationis BDF, **bdf**, erit DF ad FQ ut **df** ad **fq**, sive PF ad FQ ut **pf** ad **fq**, cum utrobique pro ijsdem haberi possint PF et DF, propter minimam differentiam. Proinde et permutando PF ad **pf** ut FQ ad **fq**, hoc est, ut CA ad **ca**. Est autem PF ∞ *c*; **pf** ∞ $\frac{adc}{bx}$; CA ∞ *a*. Ergo **ca** sive *x* ∞ $\frac{aad}{bx}$. Et *bxx* ∞ ∞ *aad*. hoc est *xx* ad *aa* ut *d* ad *b*. sive *x* ad *a* in subdupla ratione *d* ad *b*, quod erat ostendendum.

[Fig. 25.] [Fig. 26.]



Quod autem et lentium PD, **pd**, foci distantiæ sunt sicut aperturarum diametri AA, **aa**, hinc ita probatur. Cum dictum fuerit esse *a* ad *x* ut $\frac{by}{c}$ ad *d*. Erit et *aa* ad *xx* ut $\frac{bbyy}{cc}$ ad *dd*. Erat autem *aa* ad *xx* ut *b* ad *d*. Ergo $\frac{bbyy}{cc}$ ad *dd* ut *b* ad *d*. unde *byy* ∞ *ccd*. Et *cc* ad *yy* ut *b* ad *d*, hoc est ut *aa* ad *xx*; ac proinde etiam *c* ad *y* ut *a* ad *x* hoc est, ratio foci distantiarum FP, **fp** eadem quæ semidiametrorum aperturæ AC, **ac**.

In telescopijs ex convexa et cava lente compositis [Fig. 27] eadem ostendi

[1]) Voir la p. 485.

point de diſperſion correſpondra alors à ce qui était ici la diſtance focale de l'oculaire convexe. Mais on ne ſe ſert guère de ces lentilles concaves dans les combinaiſons, à cauſe de l'étroiteſſe du champ qu'elles permettent aux téleſcopes d'embraſſer [1]).

Du reſte, pour trouver et les ouvertures et les lentilles oculaires qui conviennent à chaque lentille extérieure, nous avons établi la règle ſuivante à l'aide des conſidérations qui précèdent et en ſuppoſant en même temps que le télecope de 30 pieds ſoit une fois pour toutes conſtruit d'une façon déterminée. On multipliera par 3000 le nombre de pouces que contient la diſtance focale de la lentille extérieure; la racine carrée du produit repréſentera en centièmes de pouces le diamètre de l'ouverture cherchée. La même racine augmentée d'une dixième partie de ſa valeur donnera la diſtance focale de la lentille oculaire exprimée également en centièmes de pouces. Et les dimenſions latérales des images ſont entre elles comme les diamètres des ouvertures. Tout ceci eſt démontré de la manière ſuivante.

L'expérience nous apprend qu'à une lentille de 30 pieds convient une ouverture de 3 pouces. Si donc on ſe propoſe une autre lentille dont la distance focale contient un nombre b de pieds; alors, d'après ce qui précède, le rapport $30 : \sqrt{30b}$, c'eſt-à-dire le rapport des racines carrées des diſtances focales, ſera égal au rapport des 3 pouces de l'ouverture donnée (ou de 300 centièmes de pouces) à l'ouverture cherchée de la lentille. Par permutation, on trouve que 30 eſt à 300, c'eſt-à-dire 1 à 10, comme $\sqrt{30b}$ eſt à l'ouverture cherchée en centièmes de pouces. Cette ouverture ſera donc de $\sqrt{3000b}$ centièmes de pouces, comme la règle l'annonce. Nous trouvons en outre qu'à cette même lentille de 30 pieds convient un oculaire dont la diſtance focale eſt de $3\frac{3}{10}$ pouces. Or, les diſtances focales ſont entre elles comme les ouvertures. Par conséquent, la diſtance focale de $3\frac{3}{10}$ pouces ou de 330 centièmes de pouces eſt à la diſtance focale cherchée comme l'ouverture de 3 pouces ou de 300 centièmes de pouces eſt à l'ouverture de $\sqrt{3000b}$ centièmes de pouces. Ou bien, par permutation, comme 300 eſt à 330, c'eſt-à-dire comme 1 eſt à $1\frac{1}{10}$, ainſi eſt l'ouverture $\sqrt{3000b}$ à la diſtance focale cherchée

Enfin les conſidérations ſuivantes feront voir que les groſſiſſements, en d'autres termes que les grandeurs apparentes des objets aperçus à l'aide des téleſcopes, ſont entre elles comme les diamètres des ouvertures. Dans chaque téleſcope la grandeur apparente eſt à la grandeur vraie, c'eſt-à-dire à celle qu'on aperçoit à l'oeil nu, comme la diſtance focale de la lentille extérieure eſt à la diſtance focale de l'oculaire. Par conſéquent, dans l'un des deux téleſcopes conſidérés dans la préſente propoſition, ce rapport des grandeurs ſera celui de CF à FP ou de b à c; mais dans l'autre [Fig. 26] celui de **cf** à **fp**, c'eſt-à-dire de d à $\frac{adc}{bx}$ ou de $\frac{bx}{a}$ à c. Mais la grandeur

poſſunt, ſimili plane demonſtratione, niſi quod diſtantia puncti diſperſus in lente cava tunc erit quod hic fuit convexi ocularis foci diſtantia. Sed horum cavorum in compoſitione jam nullus fere eſt uſus, propter anguſtiam ſpatij, quam teleſcopiorum proſpectui relinquunt [1]).

Cæterum ad inveniendas tum aperturas, tum lentes oculares cuique lenti exteriori convenientes, ex jam dictis et ſemel conſtituto 30 pedum teleſcopio, hanc effecimus regulam. Foci diſtantia lentis exterioris quem numerum pedum habebit, is numerus ducatur in 3000; facti radix erit diameter aperturæ quæſitæ in centeſimis pollicum. Eadem ſi augeatur decima ſui parte, dabit foci diſtantiam lentis ocularis ijſdem centeſimis expreſſam. Apparentes vero rei viſæ latitudines ſunt ſicut diametri aperturarum. quæ omnia ſic probantur.

Lenti 30 pedum experimur convenire aperturam 3 pollicum. Si igitur proponatur lens alia cujus foci diſtantia contineat numerum pedum b, erit ex ſupra expoſitis ſicut 30 ad $\sqrt{30b}$, quæ eſt ratio ſubdupla rationis foci diſtantiarum, ita 3 pollices aperturæ ſeu 300 centeſimæ pollicis ad aperturam lentis quæſitam; vel permutando erit ut 30 ad 300, hoc eſt, 1 ad 10 ita $\sqrt{30b}$ ad aperturam in centeſimis pollicum, quæ itaque erit $\sqrt{3000b}$, qualem regula ſtatuit. Lenti quoque eidem 30 pedum convenire invenimus ocularem, cujus foci diſtantia $3\frac{3}{10}$ pollicis. Sunt autem foci diſtantiæ ſicut aperturæ. Ergo ut apertura 3 poll. ſeu 300 centeſimarum ad aperturam $\sqrt{3000b}$, ita foci diſtantia $3\frac{3}{10}$ poll., ſive 330 centeſimarum, ad foci diſtantiam quæſitam. Sive permutando ut 300 ad 330, hoc eſt ut 1 ad $1\frac{1}{10}$ ita apertura $\sqrt{3000b}$ ad iſtam foci diſtantiam.

Denique proportionem amplificationis, ſeu apparentes rerum magnitudines teleſcopijs perceptas eſſe, ut aperturarum diametros, ſic manifeſtum fiet. In unoquoque teleſcopio magnitudo apparens ad veram, ſive quæ nudo oculo percipitur, eſt ea quæ foci diſtantiæ lentis exterioris ad foci diſtantiam ocularis. Ergo in teleſcopio altero propoſitionis.... [2]) erit hæc magnitudinum ratio quæ CF ad FP, ſeu b ad c. in altero vero [Fig. 26] quæ **cf** ad **fp**, hoc eſt, quæ d ad $\frac{adc}{bx}$, ſeu $\frac{bx}{a}$ ad c. Sed magnitudo vera utrobique eſt eadem. Ergo magnitudo apparens in teleſcopio priore ad eam quæ in altero ſe habebit ut b [ad $\frac{bx}{a}$, hoc

[1]) Comparez la Prop. II, p. 447.
[2]) Il s'agit de la proposition présente; voir la Fig. 25

vraie eſt la même dans les deux cas. Par conſéquent, la grandeur apparente dans le premier téleſcope eſt à celle dans l'autre comme b eſt à $\frac{bx}{a}$, c'eſt-à-dire comme a eſt à x, ou comme l'un des diamètres des ouvertures eſt à l'autre; ce qu'il fallait démontrer.

Il s'enſuit qu'en partant du groſſiſſement, qui, dans le cas du téleſcope de 30 pieds, s'exprime par le rapport 109 : 1, on a pu trouver tous les autres groſſiſſements d'après le rapport des ouvertures. Ces groſſiſſements ſont portés dans le tableau ſuivant [2]).

Diſtance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Téleſcope.	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et auſſi la diſtance du foyer de l'oculaire [5]).	Multiplication ſelon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande [4]).	Pouces dixièmes et centièmes.	
1	0,55	22
2	0,77	31
3	0,95	38
4	1,09	45
5	1,23	49
6	1,34	54
7	1,45	58
8	1,55	62
9	1,64	66
10	1,73	69

[1]) Les mots entre crochets manquent à préſent dans le manuſcrit à cauſe de l'état déchiré de la marge, dont pluſieurs fragments ont diſparu. Nous les empruntons à l'édition de 1703 de de Volder et Fullenius, p. 211.

[2]) On remarquera que le tableau qui ſuit n'eſt pas entièrement conforme aux indications du texte qui le précède. La règle qui a ſervi à ſa conſtruction ſe trouve à la p. 205 du Manuſcrit F et fut communiquée à Conſtantyn, frère, dans une lettre du 23 avril 1685 (p. 6 et 7 du T. IX). Elle eſt comme il ſuit dans la rédaction du manuſcrit: „Si numerus pedum foci diſtantiæ quam habet lens major, ducatur in 3000; facti radix erit diameter aperturæ in centeſimis pollicum. diametro aperturæ æqualis eſt foci diſtantia lentis ocularis. Si ijdem pedes foci diſtantiæ lentis majoris ducantur in 480; facti radix erit numerus augmenti. Sit foci diſtantia ped. 120. Erit diameter rei viſæ aucta ſecundum rationem 240 ad 1." Comme on le voit, les deux règles amènent le même diamètre de l'ouverture de l'objectif; mais la diſtance focale de l'oculaire calculée d'après la règle du texte excédera celle du tableau d'un dixième et, par conſéquent, le groſſiſſement ſera réduit d'un onzième. Ainſi pour la lunette de 30 pieds qui d'après le tableau ſupporterait un groſſiſſement de 120 fois, ce nombre eſt réduit, d'après le texte, à 109. Or, il ſemble que Huygens a commencé par admettre un groſſiſſement de 120 mais que plus

eſt, ut *a* ad *x*][1]), ſive ut aperturarum diametri, [quod erat probandum] [1]).

[Quare ex] [1]) amplificatione quæ eſt [in] [1]) 30 pedum teleſcopio [ut 109 ad 1, cæteræ omnes ex] [1]) proportione aperturarum repertæ ſunt [et in Tabulam ſequentem [2]) relatæ] [1]).

Diſtance du foier du verre objectif, ou Longueur du Telescope [3]).	Diametre de l'ouverture du verre objectif et auſſi la diſtance du foier de l'oculaire [5]).	Multiplication ſelon le diametre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande [4]).	Pouces dixiemes et centiemes.	
1	0,55	22
2	0,77	31
3	0,95	38
4	1,09	45
5	1,23	49
6	1,34	54
7	1,45	58
8	1,55	62
9	1,64	66
10	1,73	69

tard il l'a considéré comme excessif. En effet, le nombre 109 en haut de la p. 483 y remplace le nombre 120, qui fut biffé, et les mots: „centies novies", qu'on trouve en bas de la p. 481, n'ont été ajoutés qu'après coup pour remplacer un nombre biffé, maintenant illisible. De même à la p. 491 le nombre 120 est resté (voir la note 4 de cette page) probablement par mégarde. Comparez de plus la note 5 qui suit, d'après laquelle Huygens avait même admis au commencement un grossissement de 144 pour une telle lunette.

[3]) Les suscriptions des colonnes du Tableau présent furent rédigées en français par Huygens.

[4]) Le pied de Rhijnlande est égal à 3,13946 décimètres et se divise en douze pouces.

[5]) Entre cette colonne et la première on en trouve une autre, biffée depuis, portant en tête: „distance du foier du verre oculaire" et où cette distance est donnée égale au cinq sixièmes des nombres de la colonne présente, qui primitivement ne servait que pour indiquer le diamètre de l'ouverture du verre objectif. Cette colonne biffée avait évidemment été calculée dans la supposition qu'une lunette de 30 pieds pouvait supporter un oculaire de 2,50 pouces, c'est-à-dire un grossissement de 144 fois. Or, les calculs qui ont servi à trouver les nombres de cette colonne biffée se retrouvent aux p. 200 et 201 du Manuscrit F et, d'après ce placement, ils doivent dater de 1684 ou de 1685.

De plus, la colonne présente fut suivie de deux autres colonnes, biffées toutes les deux, dont la première porte la suscription: „Oculaires de Campani qui excèdent les miennes d'un $\frac{1}{10}$". Et, en effet, les nombres qu'elle donne surpassent partout ceux de la colonne présente d'un dixième. La deuxième, enfin, donne les grossissements calculés sur les nombres de la colonne biffée qui précédait la présente. Ces nombres sont donc en excès d'un cinquième sur ceux de la dernière colonne qui donne les grossissements correspondant aux distances focales de la colonne présente.

Diſtance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Téleſcope.	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et auſſi la diſtance du foyer de l'oculaire.	Multiplication ſelon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande.	Pouces dixièmes et centièmes.	
13	1,97	79
15	2,12	85
20	2,45	98
25	2,74	110
30	3,00	120
35	3,24	130
40	3,46	138
45	3,67	147
50	3,87	155
55	4,06	162
60	4,24	170
65	4,42	177
70	4,58	183
75	4,74	190
80	4,90	196
85	5,05	202
90	5,20	208
95	5,34	214
100	5,48	219
110	5,74	230
120	6,00	240
130	6,25	250
140	6,48	259
150	6,71	268
160	6,93	277
170	7,14	286
180	7,35	294
190	7,55	302
200	7,75	310
220	8,12	325
240	8,48	340
260	8,83	353
280	9,16	366
300	9,49	380 [1])

[1]) On lit encore en bas de ce tableau : „Les ouvertures de cette Table sont pour Saturne. à des objets plus clairs il les faut un peu moindres. Pour voir de jour il faut doubler la distance du foier du verre oculaire qui leur convient dans cette

Diſtance du foier du verre objectif, ou Longueur du Teleſcope.	Diametre de l'ouverture du verre objectif et auſſi la diſtance du foier de l'oculaire.	Multiplication ſelon le diametre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande.	Pouces dixiemes et centiemes.	
13	1,97	79
15	2,12	85
20	2,45	98
25	2,74	110
30	3,00	120
35	3,24	130
40	3,46	138
45	3,67	147
50	3,87	155
55	4,06	162
60	4,24	170
65	4,42	177
70	4,58	183
75	4,74	190
80	4,90	196
85	5,05	202
90	5,20	208
95	5,34	214
100	5,48	219
110	5,74	230
120	6,00	240
130	6,25	250
140	6,48	259
150	6,71	268
160	6,93	277
170	7,14	286
180	7,35	294
190	7,55	302
200	7,75	310
220	8,12	325
240	8,48	340
260	8,83	353
280	9,16	366
300	9,49	380 [1])

table pour avoir la clartè qui est necesaire; Et alors leur multiplication sera la moitiè de celle qui est dans la table." Comparez à ce sujet la p. 505 qui suit.

De plus, on trouve en marge: „Hæc Tabula recte se habet, cujus fundamentum

Proposition VIII.

Si dans deux téleſcopes poſſédant des lentilles extérieures égales, mais dont les ouvertures ſont différentes, tandis que les diamètres de ces ouvertures et les diſtances focales des lentilles oculaires ſont entre eux dans un même rapport, on apercevra tous les objets avec une netteté égale à l'aide de chacun d'eux, et les largeurs apparentes des objets ſeront entre elles dans le rapport inverſe, tandis que les clartés ſeront entre elles dans un rapport égal à la quatrième puiſſance du rapport direct.

Suppoſons égales, pour les rayons rouges parallèles à l'axe, les diſtances focales CF [Fig. 28], **cf** [Fig. 29] des lentilles AA et **aa**, et de même, pour les rayons violets, les diſtances focales CB, **cb**. Mais ſuppoſons inégales les ouvertures, dont les diamètres ſont AA et **aa** reſpectivement. Et puiſſent les diſtances focales FP, **fp** des lentilles oculaires être entre elles dans le même rapport. Enſuite, après avoir tracé dans les deux cas, comme plus haut [1]), les droites ABD, AF, FD et FQ, joignons auſſi les points Q et P. Vu qu'alors CB et BF ſont l'une et l'autre égales dans les deux cas, d'après la nature de l'aberration dont nous parlons [2]), nous aurons FQ : **fq** = AA : **aa**. Mais c'eſt là auſſi, par suppoſition, le rapport FP : **fp**. Par conſéquent, les angles FPQ, **fpq**, ſeront égaux; avec leſquels les angles FDQ, **fdq** ſont conſidérés comme identiques, parce que les angles PFD ſont ſuppoſés fort petits. Mais de cette égalité des angles FDQ et **fdq** l'on conclut, comme à propos de la propoſition précédente [3]), que la même aberration a lieu dans les deux cas au fond de l'oeil, et qu'on aperçoit l'image de l'objet avec une netteté égale lorſqu'on ſe ſert de l'un ou de l'autre téleſcope.

Enſuite, d'après ce que nous avons démontré [4]), la vérité de la deuxième partie de la propoſition eſt manifeſte, ſavoir que les grandeurs des images ſeront entre elles dans le rapport inverſe de celui des diſtances focales, dans le cas bien entendu où les lentilles extérieures ſont les mêmes dans les deux téleſcopes.

Enfin ce qui eſt dit du rapport des clartés des images ſera démontré comme il ſuit. Comme les diſtances focales des lentilles AA, **aa** ſont égales, la grandeur apparente des images ſerait la même dans les deux cas, ſi les lentilles PD et **pd** elles auſſi étaient égales. La clarté de la première image ſerait alors

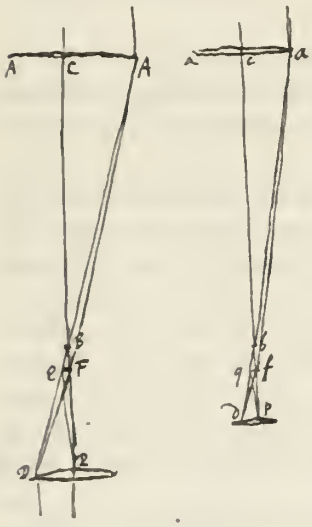
---

calculi non ex figuræ sphæricæ culpa sumtum est ſed ex dispersione singulorum radiorum refractorum quam observavit Newtonus." Voir pour la table qu'elle remplaçait et qui se fondait sur l'aberration sphérique les p. 351—353

[Propositio VIII.]

Si in Teleſcopijs duobus, æquales exteriores lentes habentibus, differant inter ſe aperturarum diametri, et eadem quoque proportione foci diſtantiæ lentium ocularium; æque diſtinctè ijs omnia conſpicientur; apparenteſque viſibilium latitudines ejus proportionis contrariam habebunt. claritates vero directæ quadruplicatam.

[Fig. 28.] [Fig. 29.]



Sint lentium AA [Fig. 28], **aa** [Fig. 29] æquales foci diſtantiæ CF, **cf** ex radijs axi parallelis coloris rubri, itemque æquales CB, **cb** foci diſtantiæ ex radijs coloris violacei. aperturæ autem inæquales quarum diametri AA, **aa**. eandemque his proportionem habeant lentium ocularium foci diſtantiæ FP, **fp**. Porro ductis utrobique, ut ſupra [1]), rectis ABD, AF, FD, FQ, jungantur etiam QP. Quia ergo tam CB quam BF ſunt utrimque æquales, ex natura aberrationis, de qua agimus [2]); erit FQ ad **fq** ut AA ad **aa**. Sed ita quoque eſt, ex hypotheſi, FP ad **fp**. Ergo æquales erunt anguli FPQ, **fpq**, a quibus nihil differre cenſentur FDQ, **fdq**. quia anguli PFD minimi eſſe intelliguntur. Ex hac vero æqualitate angulorum FDQ, **fdq**, conficitur, ſicut prop. præcedenti [3]), eandem utrobique in oculi fundo fieri aberrationem, [atque] æque diſtinctam utroque teleſcopio cerni rei viſæ imaginem.

Porro ſecunda pars propoſitionis ex ſupra demonſtratis [4]) manifeſta eſt, nempe latitudines rei viſæ fore in proportione contraria foci diſtantiarum quæ in lentibus ocularibus, quum nempe lentes exteriores utrobique eædem.

De claritatis vero proportione ſic probabitur. Cum æquales ſint lentium AA, **aa** foci diſtantiæ, ſi æquales quoque eſſent lentes PD, **pd** eadem utrimque appareret rei viſæ magnitudo; claritas autem eſſet ad claritatem, ſicut quadr. ex AA ad qu. ex **aa**, hoc eſt, ſicut circuli aperturarum, quia hanc rationem habet

---

[1]) Voir les fig. 25 et 26, p. 490.
[2]) Comparez le premier alinéa de la p. 485.
[3]) Voir la p. 491.
[4]) Voir la Prop. III, p. 455.

à celle de la deuxième, comme le carré de AA eſt à celui de **aa**, c'eſt-à-dire comme les cercles des ouvertures ſont entre eux, parce que c'eſt là le rapport des quantités de rayons reçus de chaque point de l'objet. Mais dans le cas préſent l'image produite au fond de l'oeil par le téleſcope CP eſt à celle produite par le téleſcope **cp** comme le carré de **fp** eſt au carré de FP; par conſéquent, la clarté du téleſcope CP ſerait à celle du téleſcope **cp** dans le rapport inverſe, c'eſt-à-dire de FP^2 à $\mathbf{fp}^2$, ſi ſeulement la même quantité de lumière était repandue ſur les deux images. Mais en vérité le téleſcope CP reçoit plus de lumière que le téleſcope **cp** dans ce même rapport, à cauſe de la plus grande ouverture. Par ſuite, la clarté donnée à l'image par ce téleſcope ſera à celle de l'image de l'autre téleſcope comme la quatrième puiſſance de AA eſt à celle de **aa**. C'eſt ce qu'il reſtait à démontrer.

Par conſéquent, ſi nous ſuppoſons égales les diſtances focales CF et **cf**, et ſi le diamètre de l'ouverture AA eſt le double du diamètre **aa**, et de même la diſtance focale FP le double de la diſtance focale **fp**, la clarté du téleſcope CP ſera ſeize fois plus grande que celle du téleſcope **cp**.

Cependant ce qui a été démontré à propos de l'égalité dans les deux cas de la netteté de l'image, ne s'accordera pas entièrement avec l'expérience: en effet, lorſque la clarté ſera plus grande, l'inconvénient du brouillard qui réſulte de l'aberration ſera plus grand; la raiſon en eſt la même que celle dont nous avons parlé un peu plus haut en comparant les obſervations diurnes aux obſervations de nuit [1]). Et on trouvera qu'il en eſt ainſi auſſi bien lorſqu'on regarde avec les deux téleſcopes que lorſqu'on contemple le même objet avec le même téleſcope en lui donnant des ouvertures différentes. Mais ſi l'on ſe ſert de la même ouverture pour regarder des objets de clarté différente, cette cauſe là auſſi donnera lieu à un plus fort nuage dans le cas où la lumière eſt la plus forte. Il paraît donc que pour obſerver les planètes plus obſcures il faut ſe ſervir d'une ouverture un peu plus grande que pour contempler les planètes plus lumineuſes [2]).

Proposition IX.

Appliquer les téleſcopes du tableau précédent à tous les objets ſoit pour des obſervations diurnes ſoit pour des obſervations nocturnes [3]).

Il faut ſavoir que les téleſcopes déterminés par les nombres du tableau donné plus haut [4]) doivent être employés à l'obſervation des étoiles. Or, je viens de dire [5]) qu'il faut une plus grande quantité de lumière dans le cas de ceux dont nous

copia radiorum ab unoquoque visibilis puncto receptorum. at nunc imago in fundo oculi ex telescopio CP, ad eam quæ ex telescopio **cp** est, ut qu. **fp** ad qu. FP, ideoque hanc proportionem inversam, hoc est, quam qu. FP ad quad. **fp** haberet claritas telescopij CP ad claritatem telescopij **cp**, si tantùm lux æqualis in utramque effunderetur. nunc vero secundum eandem proportionem plus lucis excipitur telescopio CP quam **cp**, propter majorem aperturam. Ergo claritas imaginis per hoc intromissa erit ad alteram in ratione quadratoquadratorum AA ad **aa**. quod ostendendum supererat.

Si ergo positis foci distantijs æqualibus CF, **cf**, aperturæ diameter AA sit dupla **aa**, itemque foci distantia FP dupla **fp**, erit telescopij CP claritas sexdecupla ejus quæ telescopij **cp**.

Quod autem de distincta visione utrobique æquali demonstratum est, non exacte ita experimento conveniet, sed in majori claritate majus erit nebulæ incommodum quæ ex aberratione oritur, ob eandem quam paulo ante attulimus causam cum diurnas observationes nocturnis conferremus [1]). Et hoc quidem ita invenitur si utroque telescopio, sive eodem cum diversis aperturis idem visibile inspectetur. Quod si ad visibilia diversæ claritatis eadem apertura adhibeatur, rursus ex illa causa major nebula orietur ubi major erit lux. ac propterea obscurioribus Planetis paulo major apertura quam illustrioribus danda videtur [2]).

[Propositio IX].

[Tabulæ præcedentis telescopia visibilibus omnibus sive diurnis sive nocturnis applicare.] [3])

Quæ in Tabula superiore [4]) exhibentur telescopia, ad siderum observationes adhiberi sciendum. Dixi vero non multo antè [5]), plus lucis requiri in ijs quibus

---

[1]) On ne trouve rien de semblable dans le texte qui précède, si ce n'est la remarque de la p. 487 d'après laquelle une grande partie des rayons aberrants ne peuvent pas être aperçus s'il s'agit d'une source de lumière autre que le soleil. Mais on peut consulter à ce propos la note 1 de la p. 498 et les deux premiers alinéa's (p. 503 et 505) de l'explication de la Prop. IX qui suit.

[2]) On lit encore en marge „vide lib. F telescopium Coveri [.] in tuis examin[a?] aperturas"; voir le § 8 de l'Appendice VI, p. 606.

[3]) Cette suscription, que nous empruntons à la p. 215 de l'édition de 1703 de la Dioptrique, ne se retrouve pas dans le manuscrit. Il nous semble qu'elle a été ajoutée par les éditeurs de Volder et Fullenius. On s'apercevra d'ailleurs qu'il y a quelque confusion dans la distribution des matières sur la proposition présente et sur les deux qui précèdent; mais on ne saurait y remédier sans recourir à des changements d'arrangement par trop arbitraires.

[4]) Voir les p. 497—499.

[5]) Comparez, à la page présente, la démonstration de la Prop. VIII, qui précède, et la note 1.

nous ſervons le jour; car, lorſque les yeux ont été éblouis par la grande clarté du jour et qu'on les applique enſuite au téleſcope, on voit obſcurément ce qui paraîtrait lumineux à travers les ténèbres de la nuit. En effet, en me ſervant pour des obſervations de jour des téleſcopes décrits dans le tableau, j'ai conſtaté expérimentalement qu'il fallait y changer les lentilles oculaires en appliquant d'autres de diſtance focale à peu près double [1]). La clarté deviendra ainſi quatre fois plus grande, parce que la ſurface des images ſera réduite dans la même proportion; car la quantité des rayons reſtera la même, attendu que l'ouverture de la lentille extérieure n'a pas été changée, et les rayons éclaireront donc davantage un eſpace plus reſtreint. Or, ſi l'on ne change pas la lentille oculaire mais qu'on augmente l'ouverture, la clarté deviendra, il eſt vrai, plus grande, mais l'image ſera plus voilée à cauſe de la plus grande aberration; c'eſt pourquoi il ne faut pas vouloir remédier à l'obſcurité de l'image de cette façon.

Mais on pourrait ſe demander à cette occaſion pourquoi, lorſque nous ſubſtituons une lentille oculaire moins forte et que l'aberration examinée juſqu'ici eſt donc diminuée, on ne pourrait augmenter en même temps l'ouverture de la lentille extérieure juſqu'à ce que l'aberration eſt de nouveau devenue la même que celle qui correſpond au téleſcope conſtruit d'après le tableau. Car de cette façon on augmentera la clarté ſans pourtant diminuer aucunement la netteté de la viſion *. Mais il faut répondre à cette queſtion en ſe baſant ſur une remarque déjà faite plus haut [5]), ſavoir que le nuage provenant de l'aberration Newtonienne nuit d'autant plus à la netteté que l'image formée ſur le fond de l'oeil eſt plus lumineuſe, puiſqu'en même temps ce nuage devient plus lumineux. Et l'expérience nous fait voir qu'il en eſt ainſi: nous obſervons que dès qu'on augmente de cette ſorte l'ouverture des téleſcopes diurnes, le nuage provenant de l'aberration commence à nuire à la netteté de l'image devenue plus lumineuſe. Il ne faut donc rien changer aux ouvertures [6]).

* par la prop. préc. [4])

On peut [7]) demander en outre, s'il n'eſt pas utile, lorſqu'un téleſcope adapté

---

[1]) Comparez la note 1, p. 498 et de même le § 13, p. 6 2—613, de l'Appendice VI.

[2]) Leçon alternative: „falsa refractione"; mais celle du texte fut soulignée.

[3]) Leçon alternative: „tamen".

[4]) Voir la p. 500.

[5]) Voir le troisième alinéa de la 503.

[6]) On trouve encore en marge, mais biffé, le sommaire suivant de l'alinéa qui précède: „pour le jour plus de clarté et pourquoy. major fit foci diſt. ocularis lentis. cur non item apertura. quia claritas auget nebulam newtonianam."

[7]) Le passage qui commence ici, où Huygens s'occupe de l'influence fâcheuse, observée par lui, de la diffraction sur la netteté des images a très justement attiré l'attention de Lord Rayleigh. Il en parla dans un article intéressant: „Notes, chiefly historical, on some fundamental propositions in optics," Phil. Mag. 5th ser. vol. 21, 1886, p. 473. Seulement il ne l'avait

interdiu utimur, quia ſcilicet multa diei claritate præſtinctis oculis atque inde teleſcopio admotis obſcurum videtur, quod per noctis tenebras lucidum eſſet. Eadem itaque teleſcopia quæ in Tabula deſcripta ſunt cum ad diurnas obſervationes adhiberem, experiendo comperi mutandas in ijs oculares lentes, appoſitis quarum foci diſtantiæ duplæ circiter ſint priorum [1]; ita claritas fiet quadrupla, quia eadem proportione diminuentur imagines ratione ſuperficiei; manebit enim eadem radiorum quantitas, ob nihil mutatam aperturam lentis exterioris, ac proinde clarius efficient anguſtius ſpatium. Quod ſi non mutata oculari lente apertura augeatur, augebitur quidem claritas ſed fiet nebula major ex majori aberratione [2], eoque hoc remedio non eſt utendum.

Hinc vero [3] quæri poteſt, cum ſubſtituta lente oculari minus acutâ, minuatur aberratio ea quam hactenus examinavimus, cur non ſimul eouſque augeri queat apertura lentis exterioris quoad eadem rurſus aberratio exiſtat, quæ ſecundum tabulam ordinato teleſcopio inerat. Sic enim plus lucis accreſcet, nec tamen quidquam decedet viſioni diſtinctæ *. Reſponſum vero inde petendum quod ſuperius jam attigi [5] nebulam nempe illam ex aberratione Newtoniana magis nocere ſi lucidior in fundo oculi imago pingatur; ſimul enim et nebulæ lux increſcet. et hoc reipſa experimur, ſimul ac augetur diurnorum hujuſmodi apertura nebulam ex aberratione in lucidiore viſibili nocere incipere. Itaque nihil mutandæ ſunt aperturæ [6].

* per præc. prop.*)

Rurſus [7] quæri poteſt, ſi Teleſcopium Saturni obſervationibus aptum, ad

pas rencontré dans la „Dioptrica" de Huygens de 1703 mais aux p. 144—146 de l'ouvrage de Robert Smith „A compleat system of opticks", Cambridge, 1738, et tout en mentionnant que dans ce passage Smith expose les vues de Huygens, Lord Rayleigh évidemment ne s'est pas aperçu qu'il s'agissait d'une simple traduction; ce que Smith d'ailleurs n'a pas manqué de reconnaître en finissant le passage en question par les mots: „So far from Hugens". Ainsi il nous sera bien permis d'appliquer les remarques de Lord Rayleigh: „It is interesting to note that Smith was aware of the fact [that the resolving power cannot be indefinitely augmented by diminishing the section of the emergent pencil], though he could have no knowledge of the reasons for it. He points out " etc. au véritable auteur du passage en question, c'est-à dire à Huygens.

Ajoutons que dans le même article on trouve mentionné à la p. 468 une „loi importante" attribuée à Smith, où il avait été devancé par Huygens. Il s'agit du „Corol. 1. While the glasses are fixt, if the eye and object be supposed to change places the apparent distance, magnitude, and situation of the object will be the same as before" (p. 115 de l'ouvrage de Smith). Or, si l'on considère que la distance apparente de Smith est la distance à laquelle il faudrait placer l'objet pour le voir à l'oeil nu en même grandeur que par l'intermédiaire d'un système centré donné, il est clair que cette „proposition of the utmost importance", comme Rayleigh l'appelle, est identique avec la Prop. VI, Part. I, Liv. II, p. 198 du Tome présent.

Il est vrai que Smith, qui déduit ce corollaire d'un théorème de Cotes, n'a pas cité cette fois Huygens comme il le fait ailleurs très fréquemment, soit qu'il ait oublié de le faire, soit qu'il ne se soit pas rappelé la proposition de Huygens.

aux obſervations de Saturne eſt dirigé vers la Lune qui eſt cent fois plus lumineuſe (je ne parle pas de la quantité totale de lumière, mais de celle émiſe par les diverſes parties), vu qu'elle eſt dix fois plus près du Soleil, s'il n'eſt pas utile, dis-je, de diminuer la largeur de l'ouverture et en même temps la diſtance focale de la lentille dans la même proportion, de ſorte que la clarté des régions de la Lune ne devienne pas plus grande que celle de l'image de Saturne, mais que le groſſiſſement ſoit beaucoup plus fort. Dans le téleſcope de 30 pieds on pourrait par exemple réduire à $\sqrt{\frac{9}{10}}$ pouce le diamètre de l'ouverture qui eſt maintenant de 3 pouces [1]), ce diamètre ſerait donc réduit au tiers à peu près de ſa valeur primitive; et en même temps on pourrait diminuer dans la même proportion la diſtance focale de la lentille oculaire. En effet, de cette façon, pour un obſervateur regardant le même objet, la clarté ſerait réduite dans un rapport égal à la quatrième puiſſance du rapport $3 : \sqrt{\frac{9}{10}}$, d'après la propoſition VIII [2]); c'eſt-à-dire dans le rapport 100 : 1. Et comme les parties de la Lune ſont cent fois plus lumineuſes que celles de Saturne, l'image de la Lune reſterait également lumineuſe que celle de Saturne obtenue antérieurement. Mais d'après la même propoſition l'aberration au fond de l'oeil ſera auſſi la même dans les deux cas, et le groſſiſſement de la Lune ſurpaſſera celui de Saturne dans le rapport $3 : \sqrt{\frac{9}{10}}$, qui eſt ſupérieur à 3. Il ſemble ainſi que ce changement de l'ouverture et de la lentille oculaire ſerait fort avantageux. Mais en réalité il en eſt tout autrement. Il faut donc indiquer la cauſe de ce phénomène. Je dis que cette cauſe eſt double. D'abord chaque petite partie du diſque lunaire ſera vue mieux et plus exactement ſi l'on laiſſe au téleſcope toute ſa lumière que ſi on la réduit à ſa centième partie, quoique cet effet ne ſoit pas en rapport avec une ſi grande différence. La ſeconde cauſe c'eſt que, lorſqu'on rétrécit trop l'ouverture, la pureté du contour des images diſparaît. Il faut conſidérer ceci ſoigneuſement et apprendre à connaître les limites fixées ici par la nature. En effet, plus l'ouverture eſt diminuée, plus minime auſſi devient le diamètre du petit cylindre ſuivant lequel les rayons iſſus d'un point quelconque de l'objet parviennent à l'oeil; dans la figure 25 appartenant à la propoſition VII [4]) le rayon de ce petit cylindre eſt PO; or, ſi le double de ce rayon, en d'autres termes le diamètre entier, eſt long de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$ ligne [5]), c'eſt-à-dire moindre que $\frac{1}{60}$ ou $\frac{1}{72}$ pouce, le contour net des images diſparaît par une cauſe inconnue, inhérente à la conſtitution naturelle de l'oeil, ſoit qu'il faille chercher cette cauſe dans la choroïde ou dans la rétine, ſoit qu'elle provienne de la nature des humeurs de l'oeil. Car auſſi, lorſqu'on place devant l'oeil nu une lamelle munie d'une ouverture large de moins de $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$ ligne, les bords des objets commencent à paraître moins nets, et la confuſion deviendra plus grande plus on diminue la largeur de l'ouverture. Or, on démontre aiſément dans le cas de l'exemple conſidéré que le petit cylindre qui pénètre dans l'oeil devient plus étroit qu'il ne devrait l'être. En effet, d'après la règle des ouvertures [6]), la diſtance focale de la lentille oculaire devient égale à $\frac{11}{10}\sqrt{\frac{9}{10}}$ ligne.

Lunam convertatur, quæ centuplo lucidior eſt (non tota inquam ſed partibus ſingulis) quippe decuplo Soli propinquior, an non utiliter aperturæ latitudo imminui poſſit, ſimulque eadem proportione lentis ocularis foci diſtantia; ut ſiat regionum Lunæ claritas non major quam quæ erat in Saturno, amplificatio vero multo major evadat. Velut in teleſcopio 30 pedum, ſi diameter aperturæ 3 pollicum [1]) reducatur ad $\sqrt{\frac{9}{10}}$ pollicis, quæ paulo minus efficiunt quam partem tertiam prioris, ſimulque foci diſtantia lentis ocularis eadem proportione diminuatur; hic enim idem viſibile reſpicienti eſſet claritatis proportio quadruplicata ejus quæ 3 ad $\sqrt{\frac{9}{10}}$, ex propoſ. [VIII] [2]) hoc eſt, ea quæ 100 ad 1; cumque Lunæ regiones ſint centuplo clariores quam Saturni, maneret eadem claritas in Luna quæ prius fuerat in Saturno. ſed ex eadem prop. et aberratio quoque in fundo oculi utrobique æqualis erit, et amplificatio in Luna quam Saturno major ſecundum rationem 3 ad $\sqrt{\frac{9}{10}}$, quæ major eſt tripla. Itaque plurimum profutura hæc aperturæ et ocularis lentis variatio [3]) videtur. at reipſa ſecus accidit. Igitur cauſa cur ita fiat dicenda eſt. quam duplicem eſſe ajo. prima enim quod melius accuratiuſque cernantur partes minimæ quæque in orbe Lunari, ſi tota lux teleſcopio relinquatur, quam ſi centuplo minor fiat, etſi non pro hac tanta ratione differentiæ. altera eſt, quod nimium arctata apertura pereat nitida imaginum circumſcriptio, quod diligenter eſt notandum, et quinam hic a natura conſtituti ſint termini noſcendum. Fit nempe ut quanto magis contrahitur apertura, tanto exiliori cylindrulo ad oculum accidant radij ab uno quopiam rei viſæ puncto manantes, cujus cylindruli ſemidiameter in fig. [25] prop. [VII] [4]) eſt PO. Quod ſi duplum ejus ſive diameter totus ſit intra $\frac{1}{5}$ vel $\frac{1}{6}$ lineæ [5]), hoc eſt, minor quam $\frac{1}{60}$ vel $\frac{1}{72}$ pollicis deperit illa imaginum circumſcriptio, ob cauſam in oculi naturali conſtitutione latentem, ſive ea in choroide aut retina quærenda fit, ſive in ipſis oculi humoribus. namque et ad nudum oculum oppoſitâ laminâ cum foramine quod ſit infra $\frac{1}{5}$ aut $\frac{1}{6}$ lineæ partem minus diſtincti viſibilium termini apparere incipiunt, ac tanto confuſiores quanto ulterius minuetur foramen. Facilè vero oſtenditur in adducto exemplo juſto anguſtiorem fieri cylindrulum ad oculum. Fit enim ex regula aperturarum [6]), foci diſtantia lentis ocularis $\frac{11}{10}\sqrt{\frac{9}{10}}$ lineæ. Sicut autem

---

[1]) Voir le tableau de la p. 499.

[2]) Voir la p. 501.

[3]) Leçon alternative „reductio"; mais celle du texte fut soulignée.

[4]) Voir la p. 490.

[5]) La „ligne de Rhijnland" mesure 2,18 mm. La limite assignée par Huygens est donc d'environ 0,4 mm.

[6]) Voir la règle de la p. 495. En effet, on lit en marge „hic calculus ex correcta tabula ubi foci dist. ocularium ∞ $1\frac{1}{10}$ diam. aperturæ." Comparez la note 2 de la p. 496.

Mais, comme la diſtance focale de la lentille extérieure eſt à celle de la lentille intérieure, c'eſt-à-dire comme, dans la figure 25 de la propoſition VII [1]), CF eſt à FP, ainſi eſt le diamètre de l'ouverture AA au double de PO, en d'autres termes au diamètre de ce petit cylindre. Autrement dit, comme 30 pieds ou 360 pouces ſont à $\frac{11}{10}\sqrt{\frac{9}{10}}$ pouce ainſi eſt $\sqrt{\frac{9}{10}}$ pouce à une longueur un peu inférieure à $\frac{1}{30}$ ligne et, par conſéquent, beaucoup inférieure à $\frac{1}{6}$ ligne. Mais dans la conſtruction primitive et ordinaire du téleſcope, on avait que comme 360 pouces étaient à $3\frac{3}{10}$ pouces, ainſi 3 pouces à $\frac{11}{400}$ pouce ou $\frac{1}{3}$ ligne à-peu-près; cette dernière grandeur repréſentant le diamètre du petit cylindre, dont l'étroiteſſe n'était donc pas telle qu'elle pouvait être nuiſible. Mais le diamètre de l'ouverture et en même temps la diſtance focale de la lentille oculaire ne pourraient être diminués de beaucoup plus d'un tiers de leur grandeur, parce que déjà alors la largeur du cylindre près de l'oeil excède à peine $\frac{1}{5}$ ligne [3]). Et c'eſt ce qui arrive pour chaque longueur du téleſcope; attendu que dans notre tableau les téleſcopes ont des dimenſions telles que pour chacun d'eux cette largeur auprès de l'oeil eſt la même, comme je le démontrerai un peu plus loin.

Par conſéquent, même ſi nous voulions tourner le téleſcope de Saturne à Vénus, dont la clarté eſt 225 fois plus grande, il ne faudrait pas diminuer l'ouverture de plus d'un tiers; mais s'il reſte une trop grande clarté, il faut y remédier à l'aide d'un verre couvert d'une légère couche de noir de fumée.

La diminution de l'ouverture nuit encore d'une autre façon. En effet, chacune des taches et des petites bulles qui ſe trouvent dans la lentille oculaire apparaît alors plus nettement, attendu que chacune d'elles intercepte toute la largeur ou une partie de la largeur du petit cylindre dont nous avons parlé et, par conſéquent, une petite partie de l'objet.

Quant [4]) à mon aſſertion, d'après laquelle la largeur du petit cylindre lumineux tombant ſur l'oeil ſe trouve être égale pour tous les téleſcopes de notre tableau, elle peut être prouvée brièvement comme il ſuit. Dans les figures appartenant à la propoſition VII [5]) les rayons des petits cylindres de cette eſpèce dans deux téleſcopes de longueur différente ſont PO et **po**. Et comme $FC : CA = FP : PO$, on aura $PO = \frac{ac}{b}$; de même, comme $\mathbf{fc} : \mathbf{ca} = \mathbf{fp} : : \mathbf{po}$, tandis que $\mathbf{fc} = a$ et $\mathbf{ca} = x$ et que nous avons trouvé $\mathbf{fp} = \frac{adc}{bx}$ [6]), on obtiendra $\mathbf{po} = \frac{ac}{b}$. Par conſéquent, **po** ſera égale à PO, ce qu'il fallait démontrer.

---

[1]) Voir la p. 490.

foci diſtantia lentis exterioris ad interioris, hoc eſt, ſicut in fig. [25] Prop. [VII] [1]) CF ad FP, ita eſt diameter aperturæ AA ad duplam PD [2]), ſeu ad diametrum iſtius cylindruli. hoc eſt, ſicut 30 ped. ſeu 360 poll. ad $\frac{11}{10}$ $\sqrt{\frac{9}{10}}$ unius pollicis ita ſunt $\sqrt{\frac{9}{10}}$ ad non totam $\frac{1}{30}$ unius lineæ, longe nempe minorem quam $\frac{1}{6}$. Sed in priore atque ordinaria teleſcopij conſtitutione, erat ſicut 360 poll. ad pollices $3\frac{3}{10}$ ita 3 poll. ad $\frac{11}{400}$ pollicis, ſeu ferè $\frac{1}{3}$ lineæ, cylindruli diametrum, cujus itaque nequaquam ea eſt anguſtia quæ nocere poſſit. Non multo amplius vero quam tertia ſui parte diameter aperturæ ac ſimul lentis ocularis foci diſtantia diminui poſſent, quia jam hinc ſit latitudo ad oculum quæ vix excedat $\frac{1}{5}$ lineæ [3]); idque in omni teleſcopij longitudine locum habet; quandoquidem in Tabula noſtra ita ordinata ſunt ut in omnibus Latitudo iſta ad oculum ſit eadem, ut paulo poſt demonſtrabo.

Etiamſi igitur a Saturno ad Venerem convertere teleſcopium velimus, cujus claritas major eſt 225 vicibus, non tamen ulterius contrahenda eſt apertura quam parte tertia; ſed ſi nimia claritas ſuperſit ea leviter infecto fuligine vitro eſt auferenda.

Nocet enim alia quoque ratione diminutio aperturæ, quod nimirum nævi et bullæ quæque exiguæ quæ lenti oculari inſunt magis apparent, quippe totam cylindruli de quo diximus latitudinem vel partem ejus intercipientes, eoque et particulam rei viſæ.

Quod [4]) autem dixi latitudinem cylindruli radioſi oculo incidentis in omnibus Tabulæ noſtræ Teleſcopijs eandem reperiri, paucis oſtendi poteſt. Sunt enim in ſchemate prop. [VII] [5]) ejuſmodi cylindrulorum in duobus diverſæ longitudinis teleſcopijs ſemidiametri PO, **po**. Cumque ſit ut FC ad CA ita FP ad PO, erit PO $\infty \frac{ac}{b}$. ac ſimiliter cum ſit ut **fc** ad **ca** ita **fp** ad **po**; **fc** vero ſit ∞ d; **ca** vero ∞ x, et **fp** ſit inventa $\infty \frac{adc}{bx}$ [6]), fiet **po** $\infty \frac{ac}{b}$, ideoque æqualis PO, quod erat oſtendendum.

---

[2]) Lisez plutôt PO.

[3]) Lisez $\frac{1}{7}$, puisque, en réduisant le diamètre de l'ouverture et la distance focale de l'oculaire au deux tiers, on réduira le diamètre du petit cylindre en question à sa $\frac{4^{\text{ième}}}{9}$ partie; c'est-à-dire à $\frac{11}{400} \times \frac{4}{9} \times 12$ lignes, ce qui est un peu plus que la septième partie d'une ligne.

[4]) On trouve ici en marge: „lentis rationis sextuplæ". Il s'agit évidemment dans cette annotation des lentilles à aberration sphérique minima, mentionnées au bas de la p. 291; quoique pour l'aberration chromatique ces lentilles ne présentent aucun avantage.

[5]) Voir les figures 25 et 26, p. 490.

[6]) Voir la p. 493.

J'en conclus enfin que rien ne nous empêche d'allonger indéfiniment les téleſcopes, et cela avec un effet toujours plus grand, pourvu que nous obſervions les lois du tableau antérieur. En effet, et la clarté et la netteté reſtent alors partout les mêmes comme cela résulte de la propoſition VII [1]) ſur laquelle le tableau eſt fondé; et l'inconvénient dont nous avons parlé en dernier lieu, qui réſulte de l'étroiteſſe du faiſceau lumineux auprès de la pupille, eſt abſent dans chaque cas [2]).

Mais avant de quitter les téleſcopes [3]), je montrerai comment on peut obſerver les petites étoiles et ſurtout les ſatellites de Jupiter et de Saturne, en augmentant beaucoup et plus que de coutume l'ouverture de la lentille extérieure et en même temps la diſtance focale de l'oculaire [4]). En effet, comme ces corps céleſtes quoique obſervés à l'aide du téleſcope, n'apparaiſſent que comme des points, à rien ne ſert d'augmenter leurs diamètres: il faut plutôt qu'ils deviennent brillants de lumière autant que poſſible. Or, c'eſt ce qu'on obtient ici ſurtout en augmentant les ouvertures. Car lorſque l'ouverture eſt rendue deux fois plus grande ſelon le diamètre, on recueille une quantité de lumière quatre fois plus grande provenant du corps céleſte. Or, ſi l'on double en même temps la diſtance focale de la lentille oculaire, la netteté ſera la même que primitivement; pourtant la clarté ne deviendra pas 16 fois plus grande, comme cela réſulterait du calcul fait plus haut [5]) mais reſtera quadruple; parce que, comme je l'ai déjà dit, l'image du corps céleſte ſur le fond de l'oeil eſt pour ainſi dire un point et qu'il ſuffit, par conſéquent, de conſidérer la quantité de lumière tombant ſur l'oeil: plus cette quantité ſera grande, plus le corps céleſte lui-même ſera aperçu clairement et aiſément. Il en eſt autrement ſi l'on obſerve avec ce téleſcope la lune ou une des planètes primaires [7]), dont les différentes parties recevront chacune une quantité de lumière ſeize fois plus grande. Or, nous pourrons par cette amplification de l'ouverture augmenter beaucoup la force du téleſcope pour l'obſervation des étoiles fort petites ou des ſatellites de Saturne [8]). Et peut-être pourrons-nous avec un téleſcope long de 30 pieds ayant une ouverture deux fois plus grande que de coutume, c'eſt-à-dire une ouverture de 6 pouces, obtenir les mêmes réſultats qu' autrement avec un téleſcope de 120 pieds, auquel fut attribué dans le tableau antérieur [9]) une telle largeur d'ouverture [10]).

---

[1]) Voir les p. 487—489.

[2]) On peut consulter encore au sujet de cette „Latitudo ad oculum", à laquelle Huygens attache tant d'importance dans la théorie du télescope et du microscope, les pp. 533, 543, 549, 551, 575, le § 12 de l'Appendice VI, p. 614, et une annotation du 22 avril 1692, p. 695—696 de l'Appendice X.

[3]) Primitivement on lisait ici en marge: „de parvulis telescopijs. cur non ex regula

Atque hinc denique concludo nihil obſtare quin ſervatis Tabulæ ſuperioris legibus quouſque lubet Teleſcopiorum longitudines producamus, idque ſemper majore cum effectu. Quandoquidem et claritas et diſtinctio eadem ubique manet ut patet ex Prop. [VII] [1]) quam Tabula pro fundamento habet; et hoc quoque poſterius incommodum, ex anguſtia radiationis ad pupillam, peræque abeſt [2]).

Priuſquam vero a Teleſcopijs diſcedamus [3]), oſtendam quomodo obſervari poſſint ſtellulæ exiguæ ac præcipue ſatellites Jovis ac Saturni, aucta inſigniter ac præter ſolitum apertura exterioris lentis, ſimulque ocularis foci diſtantia [4]). Quia enim velut puncta tantum apparent hæc ſidera, licet teleſcopio ſpectata; nihil prodeſt eorum diametros augeri, ſed oportet quanta poſſunt luce clareſcant. Hoc autem præcipue hic ſit auctis aperturis. Duplicata enim apertura ſecundum diametrum, quadrupla lux à ſidere profluens colligitur. Quod ſi ſimul lentis ocularis foci diſtantia duplicetur, orietur diſtinctio eadem quæ ab initio, non tamen fiet claritas ſexdecupla, quanta ex ſuperiore ratiocinio [5]), ſed quadrupla manebit; quoniam ut jam dixi imago ſideris in fundo oculi eſt inſtar puncti, eoque tantùm lucis quantitas in ipſum derivata conſideranda [6]) eſt; quæ quantò major, tantò clarius faciliuſque ſidus ipſum conſpicietur. quod aliter eſt ſi lunam aut planetarum primariorum [7]) aliquem hoc teleſcopio intueamur, quorum partes ſingulæ ſexdecuplam lucem accipient. Poterimus autem hac aperturæ ampliatione plurimum augere vim teleſcopij in deprehendendis ſtellis minimis aut Saturni Comitibus [8]), ac forſan 30 pedibus longo cum apertura ſolitæ dupla ſeu 6 poll. lata tantundem efficere quantum alias teleſcopio pedum 120 cui in ſuperiore Tabula [9]) tanta aperturæ latitudo attributa fuit [10]).

Tabulæ ordinari possint agemus post aperturas microscopiorum." On n'en trouve rien dans la présente „Dioptrique"; mais consultez les §§ 8, 9 et 10 de l'Appendice IX aux pp. 639, 641 et 643.

[4]) Comparez avec ce qui suit le § 9, p. 609 de l'Appendice VII et la p. 305 du T. IX.

[5]) Voir la Prop. VIII, p. 501.

[6]) Leçon alternative: „spectanda".

[7]) Par opposition aux „planetæ secondarii", c'est-à-dire aux satellites. Ainsi le satellite de Saturne découvert par Huygens est nommé quelquefois „planeta" dans son ouvrage „De Saturni luna observatio nova," cité dans la note 1, p. 387 du T. I.

[8]) On trouve encore en marge à ce propos: „Experiendum prius." Consultez les pp. 305, 396 et 413 du T. IX.

[9]) Voir la p. 499.

[10]) On trouve encore en marge: „Nullis terminis coerceri teleſcopiorum longitudines et effectus."

DES MICROSCOPES.

Préface.

Avec des lentilles en verre, ſoit uniques, ſoit au nombre de deux ou de trois combinées l'une avec l'autre d'une façon déterminée, on conſtruit encore des microſcopes à l'aide deſquels de fort petits objets quels qu'ils ſoient, ainſi que leurs parties, ne paraiſſent pas moins groſſis que les objets lointains contemplés à l'aide de téleſcopes. Quant à ceux qui conſiſtent en une ſeule lentille, il eſt croyable qu'on s'eſt aperçu de leur utilité peu de temps après l'invention des téleſcopes; mais il fallait plus de ſagacité pour découvrir l'artifice des microſcopes compoſés; leur conſtruction paraît être poſtérieure de dix ans environ à cette invention-là. En effet, il paraît que vers la 18ième année de ce ſiècle, il n'exiſtait pas encore de microſcopes de cette eſpèce; puiſque Hier. Syrturus, qui a publié un livre en cette année-là ſur l'origine et la fabrication des téleſcopes [5]) n'aurait pas paſſé ſous ſilence une invention auſſi remarquable ſi alors elle avait déjà été connue. Il eſt vrai que François Fontana déclare dans ſon livre des „Obſervations" [6]) publié en 1646 qu'il a connu ces microscopes depuis cette même année 1618. Mais le témoignage de Hier. Syrſalis qu'il invoque n'eſt pas plus ancien que l'année 1625 [7]). Or, des témoins oculaires m'ont ſouvent raconté [10]) qu'en 1621 ils avaient vu à Londres, en Angleterre, des microscopes de ce genre chez notre compatriote Drebbel [8]), et que celui-ci fut conſidéré alors comme le premier inventeur de ces inſtruments. Mais rien n'empêche de croire que l'un et l'autre, en combinant des lentilles de diverſes manières, ne ſoient parvenus à faire cette découverte, quoiqu'ignorant les cauſes des effets obſervés et toute géométrie.

---

[1]) Leçon alternative: „ſiunt".

[2]) Leçon alternative: „secus".

[3]) Leçon alternative: „minus erat obvium".

[4]) Leçon alternative: „quod".

[5]) Voir l'ouvrage cité dans la note 5, p. 221 du T. I.

[6]) Voir l'ouvrage cité dans la note 7, p. 48 du T. I. Il s'agit du „Tractatus octauus de microscopio, quo minutissima & quasi inuisibilia, sic augentur, ut clarè, distinctèque conspicuantur." Dans ce traité qui occupe les p. 145—151 de l'ouvrage cité et où le microscope composé est décrit, le „Caput I. De inventore huius specilli", commence par la phrase: „Inuentionem hanc reperi in anno 1618."

[7]) Voici cette déclaration, telle qu'on la trouve à la p. 3 de l'ouvrage mentionné dans la note précédente: „Ego Hieronymus Sirsalis Societatis Jesu S. T. P. in Collegio Neapolitano omnibus testatum volo me circiter annum 1625 in domo Perillustris viri, ac patrij soli Parthenopæi decoris Francisci Fontanæ vidisse microscopium, et non multo post temporis

DE MICROSCOPIIS.

[Præfatio.]

Lentibus vitreis etiam vel ſolis, vel binis terniſve certa ratione conjunctis, Microscopia parantur [1]), quibus corpuſcula quælibet minima parteſque eorum non minus [2]) auctæ apparent quam res longinquæ teleſcopijs. Et eorum quidem quæ ſimplici lente conſtant, credibile eſt non multo poſt inventa teleſcopia uſum fuiſſe animadverſum; compoſitorum vero artificium majoris erat induſtriæ [3]), quod decennio circiter poſterius eſſe invento illo videtur. Nondum enim anno hujus ſæculi 18.° ejuſmodi microſcopia extitiſſe apparet, cum [4]) Hier. Syrturus, qui de origine et fabrica Teleſcopiorum eo anno librum edidit [5]), non fuerit ſilentio præteriturus inſigne inventum, ſi jam tum cognitum fuiſſet. Franc. quidem Fontana ab ipſo A.° 1618 id ſibi arrogat in libro Obſervationum [6]) edito in lucem A.° 1646. Sed teſtimonium Hier. Syrſalis quod adducit non eſt antiquius Anno 1625 [7]). Anno autem 1621 apud Drebelium [8]) noſtratem conſpecta fuiſſe microſcopia hujuſmodi Londini in Britannia ipſi quibus oſtendebantur [9]) ſæpe mihi narraverunt [10]), ipſumque primum auctorem eorum tunc habitum. Nihil vetat autem quin ambo ex varia lentium compoſitione huc devenerint, etſi cauſarum in his rebus et omnis Geometriæ ignari.

---

interuallo Telescopium è duobus conuexis ab ipso mira arte compositum, ut merito diuino eius ingenio tam præclara inuenta accepta referenda sint. Telescopium vero è conuexo & concauo compactum fateor eo perfectionis ab eodem perductum, ut licet multa ac ferè omnia, quæ Neapolim ex varijs partibus illata sunt, perspexerim, ut sum hac in re percuriosus, nullum tamen viderim, quod conferendum, nedum præferendum sit ijs, quæ Fontana elaborauerit. Quare multum quidem debent tam posteri nostro sæculo, quam exteri nostræ Vrbi, quod virum dederint, qui tantum benemereretur de omni ætate, de toto Orbe."

[8]) Voir sur Drebbel la note 12, p. 122 du T. V.

[9]) Leçon alternative: „qui adfuerant".

[10]) Parmi eux on doit compter, sans doute, le père de Christiaan Huygens, qui se trouvait à Londres comme secrétaire d'ambassade au printemps de 1621 et ensuite de décembre 1621 jusqu'au mois de février 1623 et qui, pendant cette dernière période, fréquentait beaucoup Drebbel, dont il avait fait la connaissance à son premier séjour. Voici la description qu'il donna plus tard, probablement en 1631, du microscope de Drebbel dans un fragment d'autobiographie publié en 1897 par le Dr. J. A. Worp, p. 1—122 du T. 18 des „Bijdragen en Mededeelingen van het Historisch Genootschap gevestigd te Utrecht". On y lit aux p. 119—121: „Ab eiusdem non manu solà sed prodigioso ingenio est perspicillum, ut sic dicam statarium duobus vitris instructum, quorum convexum utrumque, alterum, quod inferius et objecto proximum est, amplitudine auricularis digiti medium unguem vix adæquat. Hoc mirabili tubulo, ut nihil omni vità aliud præstitisset, nominis immortalitatem Drebbelius non dubie promeruit. Corpora nempe, quorum inter atomos hactenus æstimatio

D'ailleurs les microſcopes ſimples dont j'ai parlé et qui étaient autrefois réputés moins bons, ont été améliorés il y a peu de temps à ce point qu'ils ſurpaſſent tous les autres dans la puiſſance d'agrandir. Ils ſe compoſent ſoit d'une ſeule petite lentille convexe ſoit d'une petite ſphère en verre placée près de l'oeil; nous expoſerons d'abord les raiſons et les cauſes de chacune de ſes diſpoſitions.

[Proposition X.]

Expoſer la conſtruction et l'emploi des microſcopes ſimples [2]).

L'effet de la petite lentille ſe conçoit aiſément d'après ce que nous avons écrit en général à la Prop. III, Livre II, Part. I [3]) ſur le groſſiſſement dû à une lentille convexe. En effet, ſoit N la lentille (fig. 30), ſuppoſons l'objet placé en R, ſon foyer, et l'oeil O fort près de la lentille. Les rayons iſſus du point R et réfractés ſe rendront parallèlement à l'oeil O et donneront lieu à une viſion diſtincte. Or, l'objet QRQ ſera aperçu en même grandeur que ſi la lentille N était abſente et qu'au lieu d'elle il y avait une lamelle percée d'une petite ouverture [4]), c'eſt-à-dire il ſera vu ſous l'angle QNQ. De ſorte que la lentille interpoſée n'a ici d'autre effet que de rendre diſtincte la viſion qui ſans la lentille ſerait confuſe [5]). Mais comme la viſion ne devient diſtincte pour l'oeil nu que lorſque celui-ci eſt à une certaine diſtance, de 8 pouces par exemple, on pourra dire que l'image apparente eſt maintenant groſſie dans un rapport égal à celui de ces 8 pouces au petit eſpace NR, c'eſt-à-dire à la diſtance focale de la petite lentille N; de ſorte que ſi cette diſtance eſt égale à la cinquième partie d'un pouce, le groſſiſſement linéaire ſera 40 : 1. Plus donc la diſtance focale de la petite lentille N eſt petite, plus grand auſſi ſera ſon pouvoir de groſſir l'image d'un petit objet [6]); toutefois il ſe

---

ſuit, omnem humanam aciem longe fugientia, inspectanti oculo tam distincte obiecit, ut, cum maxime vident imperiti, quæ nunquam videre, nihil se videre questi primo, mox incredibilia oculis usurpare clamitent.... Cum Drebbelio frequenter, quoties Londini essem, ad me visente, memini hac de re præstantissimos sermones fuisse, quorum, si per vitæ sortem liceat, fructum aliquando et profectum non vanâ mihi spe pollicear."

[1]) Leçon alternative: „facultate".

[2]) Suscription qu'on rencontre à la p. 222 de l'édition de 1703, mais qui manque dans le manuscrit; comparez la note 2 de la p. 475.

[3]) Voir les p. 181—183.

[4]) Voir la Prop. I, Liv. II, Part. I, p. 173.

[5]) Les phrases qui précèdent, à commencer par le mot „Visibile" remplacent le raisonnement ingénieux mais bien plus compliqué, biffé depuis, que nous faisons suivre: „Quod si

Cæterum ſimplicia quæ dixi microſcopia, cum ante hac minoris fierent haud pridem eo perducta fuere ut cæteris omnibus in augendis virtute [1]) antecellant. Fiunt autem vel lenticula una convexa, vel ſphærula vitrea prope ad oculum admota, quorum utriuſque rationes cauſaſque hic primum exponemus.

[Propositio X.]

[Simplicium microſcopiorum rationes et uſus exponere.] [2])

Lenticulæ effectus ex ijs facile intelligitur, quæ de amplificatione convexæ lentis in univerſum ſcripſimus Prop. [III, Lib. II, Part. I] [3]). Sit enim lens N [Fig. 30], res viſa ad R focum nempe ejus, oculus O proxime lenti admotus. Jam radij ex R egreſſi ac refracti mittentur ad oculum O paralleli, diſtinctamque viſionem efficient. Viſibile autem QRQ eadem magnitudine cernetur ac ſi lens N abeſſet, et in locum ejus lamina cum exiguo foramine conſtitueretur [4]), nempe angulo QNQ. ut proinde nihil aliud hic præſtet interpoſita lens, quam ut diſtincta fiat viſio, quæ abſque lente confuſa foret [5]). Sed cum nudo oculo ita demum diſtincta fiat ſi ſpatio aliquo, puta 8 pollicum, oculus diſtet; tanto nunc auctior imago apparens dici poterit quanto 8 pollices iſti majores ſunt ſpatiolo NR, ſeu foci diſtantiâ lenticulæ N, quæ ſi pollicis quintam partem æquet, erit augmentum velut 40 ad 1, ratione diametri. Quanto igitur minor erit foci diſtantia lenticulæ N, tanto major erit effectus ejus in dilatanda rei minutæ ſpecie [6]); quamquam obſtacula quædam hic ſeſe

[Fig. 30.]

---

distantia oculi CA æqualis sit AB, latitudo autem rei viſæ EE, duplo major hæc apparebit ac quanta absque lenticula spectaretur, quia ductis ED, axi BC parallelis, junctisque DC, scimus angulo DCD spectatam in EE. qui angulus duplus censendus est anguli ECE, qui rectis EC comprehenditur. Constat porro ex [Prop. XIII, Lib. II, Part. I, p. 232] admoto vel remoto longius oculo C ab lenticula A, eodem tamen angulo lineam EE perceptum iri. Itaque applicato ad ipſam lentem A oculo nulla est amplificatio. eâdem magnitudine trans lentem atque ea remota apparet linea EE; quia duplicata magnitudo apparens manet, vera autem duplo augetur; nec aliud hic præstet interposita lens, quàm ut distincta fiat visio quæ abſque lente confusa foret."

[6]) Primitivement cette phrase se terminait par les mots, biffés depuis, „ac proinde id unice incumbendum ut quam minimæ lenticulæ, exactè ad sphæricam convexitatem elaborentur atque expoliantur, in quo non exigua eſt difficultas."

préſente ici certains obſtacles que nous devons mentionner plus tard et qui empêchent de dépaſſer certaines limites [1]). Et la même choſe a lieu dans le cas des petites ſphères qui, comme nous l'avons dit, peuvent être employées ici en guiſe de lentilles; leſquelles d'ailleurs peuvent aiſément être fabriquées auſſi petites qu'on le déſire. Ces ſphères ne ſont inférieures aux petites lentilles, ſi les unes et les autres ſont en verre, que ſous un ſeul rapport: pour un même groſſiſſement les petites lentilles ſont trois fois plus diſtantes de l'objet; elles laiſſent donc libre un eſpace à travers lequel la lumière peut être admiſe latéralement. De cette façon on peut obſerver les couleurs des objets, tandis qu'autrement il faut tourner le microſcope vers la lumière directe et contempler ſeulement des objets ſi minces qu'ils ſont tranſparents.

L'effet obtenu avec la petite ſphère, et ce que nous avons dit de la diſtance trois fois moindre, eſt démontré de la façon ſuivante [3]): Conſidérons une ſphère en verre à centre K (fig. 31) et à axe AB; plaçons ſur cet axe, prolongé des deux côtés, l'oeil en D et l'objet en C; les diſtances AD et BC étant chacune égale au quart du diamètre AB. Le point C eſt donc le point de concours des rayons parallèles à l'axe AB qui tombent ſur la ſurface AH [4]). C'eſt pourquoi l'objet placé en C enverra, par ſuite de la réfraction due à la ſphère, des rayons parallèles à l'oeil ſitué au point D; par conſéquent, la viſion deviendra diſtincte. Si l'on prolonge BD juſqu' en L, de ſorte que AL ſoit égale au diamètre AB, et ſi, d'après la propoſition XII, Liv. I, Part. I [5]), on choiſit le point F de telle manière que DL : DK = DA : DF, D ſera le point de concours des rayons qui dans la ſphère correſpondent au point F, tels que GH. Or, de même que DL et DK ſont égales, de même auſſi DA et DF le ſeront. Suppoſons maintenant GE parallèle à l'axe et puiſſe ce rayon intercepter la ligne CE de l'objet. Tirons en outre la droite ED. Le rayon EG, réfracté au point G, ſe meut donc ſelon GH et, réfracté de nouveau au point H, il continue ſa route et atteint l'oeil au point D. C'eſt pourquoi la ligne CE eſt vue ſous l'angle ADH, tandis que, contemplée à l'oeil nu, elle occuperait l'angle CDE, que je dis être la moitié de l'angle précédent. En effet, comme AF eſt le double de AD, l'angle ADH ſera le double de l'angle AFH. Or, DE eſt parallèle à FG, parce que GE eſt d'abord parallèle à FD et peut être conſidérée comme égale à cette dernière droite ou à la droite BC, attendu que la petite ligne CE eſt, par hypothèſe, de fort petite dimenſion par rapport au diamètre de la ſphère. Par conſéquent, l'angle ADH ſera auſſi double de l'angle CDE; l'angle ADH eſt donc égal à l'angle CKE. Il s'enſuit que, l'oeil étant placé au point D (ou en un autre point quelconque ſur le prolongement de l'axe BA d'après la prop. XIII du Livre II, Part. I [7])), la ligne CE apparaîtra ſous le

---

[1]) Voir la p. 533, qui suit.

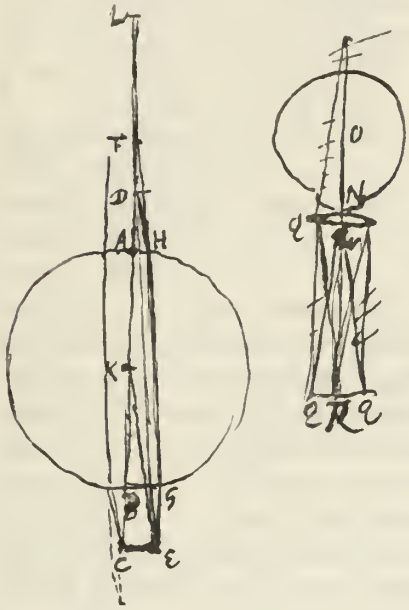
[2]) Leçon alternative: „relinquant".

[3]) On peut comparer avec ce qui suit les trois dernières annotations, p. 690—694, qui font

afferunt in ſequentibus memoranda, quæ ultra certos terminos progredi vetant [1]). Atque idem in ſphærulis accidit quæ ut diximus pro lentibus hic adhiberi poſſunt; quas alioqui quantumvis exiguas facile parare licet. Hæ vero hoc uno lenticulis cedunt ſi utræque ſint vitreæ, quod in pari amplificatione triplo amplius a viſibili lenticulæ diſtent, eoque ſpatium præbeant [2]), quo lateralis lux immittatur. Sic enim rerum colores conſpicere licet, cum alioqui directæ luci obvertendum ſit microſcopium, et tantum quæ tenuitate ſua pellucent intuenda.

Effectus vero ſphærulæ, atque hoc quod diximus de triplo minore diſtantia ſic demonſtrantur [3]): Sit ſphæra vitrea cujus centrum K [Fig. 31], axis AB, in quo utrimque producto ſtatuatur oculus ad D; viſibile ad C; poſitis diſtantijs ſingulis AD, BC diametri AB quadrantibus. Eſt ergo punctum C concurſus radiorum axi AB parallelorum qui incidunt in ſuperficiem AH [4]); quare viſibile in C poſitum, mittet radios ex refractione ſphæræ parallelos ad oculum in D, eoque fiet viſio diſtincta. Producta autem BD ad L, ut AL ſit diametro AB æqualis, ſi fiat ſecundum propoſ. [XII, Lib. I, Part. I] [5]) ut DL ad DK, ita DA ad DF, erit in puncto D concurſus radiorum intra ſphæram poſitorum [6]) et ad punctum F pertinentium, qualis GH. Sicut autem æquales DL, DK, ita quoque erunt DA, DF. Sit jam GE axi parallela, atque intercipiat rei viſæ lineam CE, ac ducatur recta ED. Radius ergo EG, fractus ad G, incedit ſecundum GH, et rurſus fractus ad H, pergit ad oculum in D. quamobrem linea CE ſpectatur angulo ADH, quæ nudo oculo occuparet ang.m CDE. quem dico illius eſſe dimidium. Quia enim AF dupla ad AD, erit angulus ADH duplus AFH. Eſt autem DE parallela FG, quia GE et parallela eſt FD, et huic ipſi ſive rectæ BC æqualis cenſenda, quia CE lineola velut minima habetur ratione ſphæræ diametri. Erit ergo anguli quoque CDE duplus ADH; qui æqualis proinde angulo CKE. Unde liquet oculo ad D collocato, (ſive utcunque alibi in producto axe BA per prop. [XIII, Lib. II, Part. I] [7]) apparituram lineam

[Fig. 31.] [Fig. 32.]



partie du § 11 de l'Appendice X. Ces annotations ont dû servir d'avant-projet aux considérations qui suivent.

[4]) Voir la Prop. XIII, Liv. I, Part. I, p. 79.

[5]) Voir la p. 41 du Tome présent.

[6]) Leçon alternative „euntium".

[7]) Voir la p. 233 du Tome présent.

même angle ſous lequel cette ligne ſerait vue à l'oeil nu par un obſervateur regardant du point K [1]). Si donc le diamètre AB de la petite ſphère eſt de $\frac{1}{12}$ pouce [2]), et c'eſt de ſphères de cette grandeur que nous nous ſervons habituellement [3]), KC devient égale à $\frac{1}{16}$ pouce, diſtance qui eſt à celle de 8 pouces comme 1 eſt à 128. Par conſéquent, dans ce cas le groſſiſſement eſt exprimé par le rapport 128 : 1; il eſt donc ſans doute fort conſidérable. Mais ſi la diſtance focale NR de la lentille N [Fig. 32] eſt égale à la droite KC, l'objet RQ, comme nous l'avons dit, ſera vu à travers cette lentille en même grandeur que lorſque l'oeil avait été placé en N et que la lentille était abſente; et la grandeur apparente ne change pas en quelque endroit de l'axe prolongé RN que l'on place l'oeil. Il s'enſuit donc que le même groſſiſſement et en général le même effet eſt obtenu par la lentille N et par la ſphère AB. Il eſt établi en outre que la diſtance RN eſt égale à trois fois la diſtance BC; ce qu'il fallait démontrer.

Nous avons négligé ici l'épaiſſeur de la lentille NQ ce qui eſt permis lorſque la diſtance focale NR eſt égale à un pouce ou n'eſt pas beaucoup plus petite. Mais comme les lentilles très menues ſont pratiquement les meilleures, par exemple celles qui ſont formées des deux côtés dans une cavité ſphérique dont le demi-diamètre ne ſurpaſſe pas le douzième d'un pouce, il faut néceſſairement leur laiſſer une certaine épaiſſeur, afin qu'elles ne deviennent pas incapables d'être maniées à cauſe de leur extrême petiteſſe et qu'elles ne prennent pas moins bien la forme ſphérique. Il en réſulte que la diſtance, dont j'ai parlé, de la lentille à l'objet s'amoindrit. Conſidérons par exemple (Fig. 33) une petite lentille ST, dont la ſurface coupée par un plan donne des arcs SXT et SVT égaux au tiers d'une circonférence, c'eſt-à-dire décrits des centres X et V avec le rayon XV. Pour que cette lentille produiſe le même groſſiſſement de l'objet que la petite ſphère AB [Fig. 31], il faut que XV devienne égale au rayon KB augmenté d'un quart [4]); d'où il s'enſuit que la diſtance focale VY eſt égale au double de BC [5]) ou à $\frac{2}{3}$ NR.

---

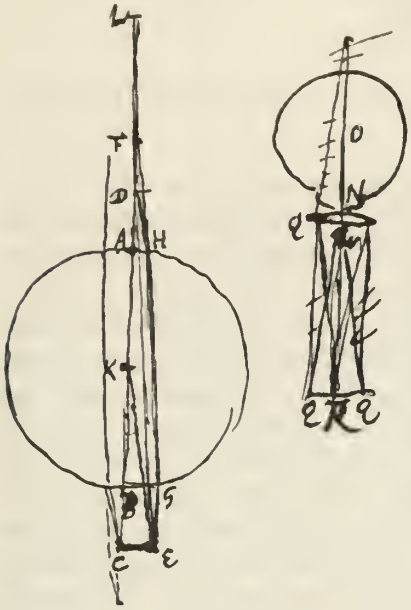
[1]) On trouve encore en marge: „Nota CE vel BG triplam eſſe AH." et de même un peu plus haut: „de luce per foramen" [voir l'avant-dernière ligne du troisième alinéa de la p. 521]. „de area."

[2]) C'est-à-dire de 2,18 mm.

[3]) On peut consulter encore, sur la grandeur des boulettes employées par Christiaan Huygens, sa lettre à Constantijn, frère, du 18 nov. 1678 à la p. 124 du T. VIII.

[4]) Le résultat est juste; mais il est clair qu'une partie du raisonnement est supprimée. Pour y suppléer posons $XV = r$, alors, d'après la formule de la note 2 de la p. 86, où maintenant $R_1 = R_2 = e = r$, on aura $VY = \frac{4}{3} r$. Puis après, pour suivre autant que possible le raisonnement appliqué dans l'alinéa qui précède, on doit marquer sur l'axe YVX un point U, tel qu'on aura $XU = YV$ et construire le point W, qui, par rapport à la surface réfringente SXT, correspond au point U. D'après la règle de la Prop. XII, Liv. I, Part. I, p. 41 on trouvera $XW = 2r$. Ainsi, un rayon parallèle à l'axe partant d'un point Z de l'objet, situé

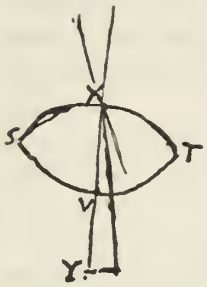
[Fig. 31]. [Fig. 32.]



CE angulo eodem quo nudo oculo appareret intuenti ex puncto K [1]). Unde ſi diameter ſphærulæ AB ſit $\frac{1}{12}$ pollicis [2]), qualibus uti ſolemus [3]), ſit KC ∞ $\frac{1}{16}$ pollicis cujus ad diſtantiam 8 pollicum ea eſt ratio quæ 1 ad 128; adeo ut amplificationis ratio tunc ſit quæ 128 ad 1, quæ ſane inſignis admodum. atqui ſi lentis N [Fig. 32] foci diſtantia NR æqualis ſit rectæ KC, diximus ejus opera viſibile RQ eadem magnitudine cerni ac ſi, abſque lente, in N oculus poneretur; neque etiam hic mutatur apparens magnitudo ubicunque in axe producto RN oculus ſtatuatur. Ergo ſequitur eandem multiplicationem, eundemque prorſus effectum præſtari lente N et ſphæra AB. Et conſtat porrò diſtantiam RN triplam eſſe BC, quæ fuerant demonſtranda.

Hic craſſitudinem lentis NQ pro nulla habuimus, qualis cenſeri poteſt, cum foci diſtantia NR pollicaris eſt vel non multo minor; Sed quum uſu præſtent exiles lenticulæ, velut quæ utrinque formantur cavo ſphærico, cujus $\frac{1}{2}$ diameter duodecimam pollicis non excedit, neceſſario relinquenda eſt ijs craſſitudo aliqua, ne ob nimiam parvitatem intractabiles fiant, neve minus bene ſphæricam formam induant. Hinc vero minuitur illa quam dixi diſtantia vitri a ſubjecto viſibili. Velut ſi ſit lenticula ST [Fig. 33] cujus ſuperficies plano ſecta faciat arcus SXT, SVT circumferentiæ trientes, nempe deſcriptos centris X, V, radio XV. Hæc ut idem præſtet augendo viſibili ac ſphærula AB [Fig. 31]; debet XV radio KB et quartæ ejus parti æqualis poni [4]); unde oritur foci diſtantia VY dupla BC [5]), ſeu $\frac{2}{3}$ NR.

[Fig. 33].



à une distance δ de l'axe, se dirigera dans l'intérieur de la lentille vers le point W, qui, en effet, n'est autre que le foyer de la surface SVT, et fera avec l'axe un angle égal à δ : VW = = $\delta : 3r$. Ensuite, lorsque ce rayon, après sa seconde réfraction, se portera vers le point U, cet angle sera augmenté dans le rapport de XU à XW, c'est-à-dire de $\frac{4}{5}$ à 2. L'oeil qu'on peut supposer placé en U verra donc la partie YZ = δ de l'objet sous un angle $\delta : \frac{6}{5} r$, et pour que le grossissement égale celui de la lentille N de la fig. 32, il faut donc qu'on ait $\frac{6}{5} r$ = = NR = $\frac{3}{2}$ KB [Fig. 31]; c'est-à-dire r = XV = $\frac{5}{4}$ KB.

[5]) Puisqu'on a, d'après la note qui précède, VY = $\frac{4}{5}$ VX et VX = $\frac{5}{4}$ KB, donc VY = KB = = 2BC.

Proposition XI.

Expliquer comment on fabrique les petites ſphères et lentilles et de quelle façon on s'en ſert.

Plus les ſphères ſont petites, plus il eſt aiſé de les fabriquer, et cela de la façon ſuivante [1]). On introduit [2]) de très menus fragments de verre dans la partie inférieure de la flamme d'une lampe là où l'on obſerve la couleur bleue, de ſorte que le verre rougit au feu. On touche le fragment de verre, de manière à l'y faire adhérer, avec un fil de fer étiré, auſſi mince que poſſible, et on le fait adroitement tourner; le verre en découle ainſi en petites boules qui ſeront ſuffiſamment grandes ſi elles ſont égales à un grain de moutarde. Parmi pluſieurs boulettes ainſi préparées vous en trouverez quelques bonnes; vous pourrez le conſtater après les avoir enchâſſées dans une lame d'airain. Cela ſe fait ainſi. Vous plierez en deux une lame d'airain très mince de la largeur d'un doigt et d'une longueur double; vous percerez le carré ainſi obtenu en ſon milieu avec la pointe d'une aiguille, vous polirez avec une pierre de touche les trous oppoſés pour enlever toute inégalité aux bords, et vous couvrirez la ſurface de noir de fumée afin qu'il ne reſte aucune partie brillante à l'intérieur. Vous introduirez enſuite la boulette encore attachée au fil de fer entre les deux parties de la lame et vous la placerez entre les deux ouvertures; vous la retiendrez dans cette poſition par la preſſion, plaçant autour d'elle trois petits clous d'airain coupés d'un fil et les rivant à l'aide d'un marteau. Vous conſtruirez ainſi avec peu de peine pluſieurs microſcopes dont vous choiſirez les meilleurs [4]).

Comme je l'ai dit, le principal uſage qu'on peut faire de ces microſcopes eſt d'obſerver de petits corps tranſparents. Les petits appareils ainſi conſtruits ſont montés de telle manière que par la rotation d'une vis on peut les faire approcher ou s'écarter de l'objet; on peut ainſi les placer à la diſtance requiſe et rendre la viſion diſtincte [5]). À cet effet il eſt auſſi fort utile d'écarter le ſurplus de lumière et de n'admettre celle-ci que par un trou éloigné de l'objet à une diſtance à peu près égale à quatre fois ſon diamètre [6]). On peut mieux définir

---

[1]) On peut consulter sur l'invention des boulettes pour les microscopes et sur les différentes manières dont elles furent fabriquées par Hudde, Hartsoeker et les frères Huygens, les pp. 58—60 (surtout la note 1), 64, 65, 67, 68, 70, 88 (note 4), 89, 90, 91, 98 et 206 (note 10) du T. VIII.

[2]) Au lieu de ce qui suit on lisait primitivement la description un peu plus détaillée, biffée depuis, que voici: „Frustulum vitri ad flammam lucernæ candescat transversi tubuli afflatu, ut fieri ſolet, in cuſpidem porrectam. Candescat, ac ſimul in filum extendatur. Ejus fili particula, imæ flammæ sed quiescenti admota nec

[Proposition XI.]

Quomodo ſphærulæ et exiguæ lentes parentur atque uſui aptentur exponere.

Sphærulæ quo minores eo facilius conficiuntur, hoc modo [1]). Fragmina [2]) vitri minima ad imam lucernæ flammam qua parte cæruleus color conſpicitur admoventur ut candeſcant atque ita filo ferreo, quantum tenuiſſimum duci poteſt excepta, ac porro dextrè verſata, in globulos abeunt, qui ſatis magni ſi granum ſinapi æquaverint. E pluribus ita paratis aliquos probos reperies, idque experieris poſtquam lamellæ æreæ eos incluſeris. Quod ita fit. Lamellam ex ære tenuiſſimo digiti latitudine, longitudine duplâ, complicabis, tum medium hoc quadratum acus cuſpide perforabis, foramina oppoſita coticula lævigabis ne quid ſcabri circa margines adhæreat et flammæ fuligine inficies, ne quid fulgidum intus remaneat [3]). Inde ſphærulam adhuc filo ferreo hærentem intra lamellam atque ad ipſa foramina inſeres; preſſamque continebis adactis circum æneis tribus claviculis ex filo defectis malleoque firmatis. Sic levi opera plura microſcopia efficies, e quibus quæ optima ſeliges [4]).

Horum uti dixi præcipuus eſt uſus ad pellucida quæque corpuſcula inſpicienda. Imponuntur vero machinulæ ita conſtructæ ut cochleolæ converſione accedant recedantque a viſibili, atque ita ad requiſitam diſtantiam deducantur fiatque diſtincta viſio [5]). cui porro plurimum conducit, ut lux nimia coërceatur, nec niſi per foramen admittatur quod circiter quaternis ſuis diametris a viſibili diſtet [6]).

---

interius inversa quo cæruleus color conspicitur, ibi continue dextre versata in globulos abit qui satis magni si sinapi granum magnitudine æquaverint, filo ferreo tenuissimo ac capillari ex alia parte excipiatur, utroque nimirum candente. ſimulque deinde globulus a vitreo filo suo abstrahatur, ut soli ferreo insideat, atque ita porro in ima quam dixi flamma rotundetur donec figura perfecta sphærica appareat."

[3]) Il y avait „restet", mais Huygens annota en marge „remaneat pro restet."

[4]) On trouvera au § 7 de l'Appendice X, p. 683, une description plus détaillée de la manière d'enchâsser la boulette dans la lame d'airain.

[5]) On peut consulter sur les divers arrangements imaginés à cet effet par les frères Huygens les pp. 92, 93, 97, 114, 122, 123, 124, 128, 129, 131, 187 et 188 du T. VIII, et les §§ 5—8 de l'Appendice X, p. 680—685. De plus les pp. 99, 112, 113 et 122 du T. VIII contiennent des renseignements sur une petite machine, munie d'une roue à objets, qui était l'oeuvre commune de Christiaan Huygens, Olaf Römer et Hartsoeker.

[6]) On trouve en marge deux petites figures, reproduites à côté, où l'on reconnaît le trou en

de cette façon l'ouverture qui convient à la boulette que par la largeur du trou contigu qu'il n'y a aucun avantage à rétrécir. L'oeil doit être placé fort près de la boulette afin qu'il puiſſe embraſſer un plus grand eſpace.

D'ailleurs les petits corps ſolides ou liquides qu'on veut examiner doivent être placés ſur une petite plaque de verre ronde et plane laquelle doit, pendant l'obſervation, être mobile dans tous les ſens [2]). Quelques obſervateurs attirent le fluide par des tubes de verre ſi étroits qu'on peut à peine y faire entrer un ſeul cheveu [3]); mode d'opérer qui a auſſi ſes avantages. Mais ſi l'on ſe ſert des petites lentilles dont nous avons parlé et ſi l'on place latéralement une deuxième lentille pour éclairer l'objet d'en haut [4]), il faut prendre ſoin de donner les dimenſions convenables au petit trou qui ſert d'ouverture, eſſayant quel diamètre il peut avoir ſans que la viſion devienne moins diſtincte. En effet, dans ce cas les points des corpuſcules rayonnent eux-mêmes, ce qui n'a pas lieu chez les corps tranſparents qu'on obſerve à travers les boulettes: dans ce dernier cas l'objet intercepte de la lumière mais n'en émet pas.

L'effet qu'on obtient ainſi de ces petites lentilles et boules eſt admirable, comme on peut s'en convaincre d'après les expériences publiées [5]), par leſquelles la connaiſſance des choſes naturelles a fait de grands progrès. Parmi celles-ci il y a l'obſervation nette du mouvement circulaire du ſang, lequel nous avons vu avec délice dans la queue d'une anguille, où il nous fut montré par notre célèbre compatriote Leeuwenhoek, inveſtigateur fort zélé de ces phénomènes [6]). En effet, cette queue eſt tranſparente; et le ſang, compoſé de globules légèrement colorées en rouge, circule rapidement par les petits canaux des artères qui aboutiſſent dans les veines. Sans doute on obſerverait la même choſe dans les autres animaux; ſeulement on ne trouve pas aiſément chez eux des parties tranſparentes. Or, Leeuwenhoek avait plongé une petite anguille vivante dans un tube de verre à moitié rempli d'eau, auquel il appliquait extérieurement le microſcope là où l'extrémité de la queue touchait le verre [7]).

---

question et le faisceau de lumière qui passe par un point du petit objet se trouvant au milieu du champ de vision. Or, il est clair que la petitesse de la section de ce faisceau, là où il rencontre la boulette, diminue singulièrement les deux aberrations, mais aussi que cet artifice ne peut pas servir, comme Huygens va le remarquer bientôt, dans le cas d'un corps opaque éclairé par devant. Voyez encore l'arrangement avec les petites platines carrées mentionné aux pp. 123, 130 et 131 du T. VIII et consultez sur d'autres arrangements pour obtenir une illumination convenable de l'objet transparent les §§ 4, 5, 9 et 11, de l'Appendice X, pp. 678, 680, 686, 690, et de plus une remarque à propos des observations microscopiques du 17 sept. 1678, p. 710 de l'Appendice XI.

[1]) Leçon alternative „latus".

[2]) La leçon primitive faisait suivre: „quod si liquida materia inspicienda sit, minima ejus guttula vitro huic imposita, alio orbiculo ex tali lamina tenuissima pre-

Etenim hoc pacto melius apertura ſphærulæ conveniens definitur quam latitudine foraminis contigui, quod hic arctari nihil neceſſe eſt. Oculus ſphærulæ proxime admovendus eſt quo majus ſpatium complectatur.

Cæterum quæ viſui proponuntur corpuſcula, aut liquorum guttulæ, orbiculo vitreo plano imponuntur qui inter aſpiciendum in omnem partem [1]) mobilis ſit oportet [2]). Sunt et qui vitreis tubulis liquorem attrahant, tam anguſtis ut vix pilos ſingulos admittant [3]). quæ ratio ſuos quoque uſus habet. lenticulis autem quas diximus utendo, ac lente aliâ à latere appoſitâ, lucem rei viſæ deſuper affundendo [4]), curandum eſt ut aperturæ minimum foramen exactè temperetur, experiendo quantum patere poſſit ſine diſtinctæ viſionis detrimento. radiant enim hic corpuſculorum puncta, quod aliter eſt in pellucidis quæ per ſphærulas ſpectantur, ubi lucem intercipit res objecta, non emittit.

Mirabilis autem eſt lenticularum ac ſphærularum ejuſmodi effectus, ut ex editis in publicum experimentis cognoſcere licet [5]), quibus naturalium rerum cognitio plurimum lucis accepit. In his eſt obſervatio manifeſta circularis motus ſanguinis, quem, monſtrante N. Lewenhoukio noſtro, diligentiſſimo horum inveſtigatore [6]), in anguillæ cauda, ſumma cum voluptate conſpeximus. Eſt enim perlucida; ac ſanguis globulis ſubrubentibus conſtans, celeri motu per cananiculos arteriarum, qui venis continuantur, diſcurrit. quod haud dubie in cæteris quoque animalibus animadverteretur, ſed non facile partes luci perviæ in his reperiuntur. Anguillulam vivam in tubum vitreum demiſerat aqua ſemiplenum cui extrinſecus microſcopium applicabat ea parte qua cauda extrema vitrum tangebat [7]).

---

menda est, ut tamen inter utrumque exigua distantia relinquatur."

[3]) Il s'agit entre autres de Leeuwenhoek. Consultez à ce propos la p. 27 du T. VIII et les p. 122—124 du N° 106, du 21 septembre 1674, des „Philosophical Transactions."

[4]) Voir la Fig. 4, p. 624 de l'Appendice VIII, et consultez sur la clarté des objets opaques sous le microscope composé les p. 337—339 du Tome présent.

[5]) Voir, entre autres, les ouvrages suivants, cités dans la „Correspondance": Power „Experimental philosophy", etc., 1664 (T. IV, p. 382); Hooke „Micrographia", etc., 1667 (T. V, p. 4); Swammerdam „Historia Insectorum Generalis", etc., 1669 (T. VII, p. 44) et les communications de Leeuwenhoek à la Société Royale de Londres, qui commencèrent en 1673 et qui furent pour la plupart rassemblées dans ses „Opera omnia", 1722 (T. VII, p. 315, voir aussi T. VIII, p. 161, note 3); quant à Huygens lui-même, il n'a rien publié sur ses nombreuses observations microscopiques, excepté sa lettre à l'auteur du Journal des Sçavans d'août 1678 qu'on trouve aux p. 96—97 du T. VIII. Ajoutons que nous avons réuni dans l'Appendice XI, p. 698 et suiv. les observations microscopiques de Huygens telles qu'on les rencontre dans ses Manuscrits.

[6]) Voir sur Antoni van Leeuwenhoek la note 16, p. 315 du T. VII.

[7]) On trouvera à l'Appendice XI, p. 720, une description détaillée d'une telle observation qui d'après le lieu qu'elle occupe au Manuscrit II doit être datée de 1692. Voir pour une observation de Huygens du 28 février 1678 sur la composition du sang la p. 698 de ce même Appendice XI.

Il eſt également intéreſſant d'obſerver les animalcules nageant dans des gouttes d'eau, dans leſquelles du gingembre ou du poivre ou quelque autre ſubſtance poſſédant une odeur plus ou moins prononcée a ſéjourné durant quelques jours [1]).

Ces animalcules ſont de formes diverſes et plus petits les uns que les autres. Leurs mouvements aſſez rapides eu égard à leur propre grandeur ſont étranges: en effet, on ne peut voir aucun agencement qui leur permette d'avancer, attendu qu'ils ne poſſèdent ni pieds ni branchies et qu'ils ne fléchiſſent pas le corps comme le font les poiſſons. Car les petites anguilles du vinaigre [2]), beaucoup plus grandes que ces animalcules, nagent de la même manière que les poiſſons des fleuves; ces anguilles ont ceci de remarquable qu'elles donnent naiſſance à des petits vivants [3]). En effet, j'ai vu une anguille qui en contenait quatre autres plus petites (car elles ſont entièrement transparentes) et comme elle fut ſoigneuſement gardée dans un petit tube, elle leur a donné le jour après quelques heures, et les petites anguilles nageaient chacune ſéparément.

Mais il eſt vraiſembable que les animalcules dont j'ai dit qu'ils ſe meuvent dans l'eau, viennent de l'air et ſont attirés dans l'eau par l'odeur. En effet, des ſubſtances diverſes ayant été macérées dans l'eau, on y trouve les mêmes formes d'animalcules [4]). Mais lorſque le vaſe eſt fermé, il n'en apparaît aucun [5]). Or, ils planent aiſément dans l'air à cauſe de leur extrême petiteſſe, attendu qu'ils ſont beaucoup plus menus que les moindres grains de pouſſière. Il eſt donc fort poſſible que, ſans le ſavoir, nous en faiſions entrer dans nos poumons bien des milliers. Et il ne ſerait pas inutile d'obſerver dans quels ſaiſons il en apparaît davantage, et ſi leur nombre augmente lorſque l'air eſt vicié.

Il apparaît [6]) que le lait conſiſte dans de petits globules transparents nageant dans un liquide également tranſparent mais de pouvoir réfringent différent; par conſéquent, le lait paraît blanc quoiqu'il ne contienne que des matières abſolument diaphanes et incolores.

Je ne parle pas de tant de formes admirables de menus inſectes. Des ailes des papillons et des couſins, recouvertes de plumes extrêmement petites [7]). Des grains de pouſſière attachés aux étamines au milieu des fleurs [8]), leſquels ne ſont autre choſe que des follicules transparents remplis de cette matière dont les abeilles font la cire, et qu'elles emportent à leurs ruches attachée à leurs pieds. Mais il faut conſidérer comme la découverte la plus admirable et la plus impor-

[1]) On peut consulter sur ces observations, en outre de l'Appendice XI, p. 698 et suiv., les pp. 21—27, 68—70, 73, 74, 91, 92, 97, 124, 125, 130, 131, 139—142, 159, 163, 166, 168, 169, 204, 205, 224 et 225 du T. VIII.

[2]) Voir encore sur ces anguilles l'observation du 11 juin 1678, p. 700 de l'Appendice XI.

[3]) D'après H. Baker, „Employment for the microscope, etc." London, 1753, la viviparité de l'Anguillula aceti fut décrite pour la première fois en 1688 par Marco Antonio Cellio de Rome, et cette assertion a été répétée par des auteurs modernes. Toutefois, à propos d'une propagation supposée des spermatozoïdes à l'intérieur des testicules, Leeuwenhoek, dans une lettre du 5 avril 1680 au secrétaire de la Soc. Roy. de Londres s'exprime comme il suit:

Jucunda etiam eſt animalculorum obſervatio aquæ guttulis innatantium, in quam zinziber, aut piper, aut aliud odoris acrioris diebus aliquot demerſum fuerit [1]).

Variæ ſunt formæ aliæque alijs minores, miri etiam motus pro modulo ipſorum ſatis celeres quorum inſtrumentum nullum animadverti poteſt, cum pedibus branchijſque careant, nec corpora ut piſces inflectant. Nam anguillulæ aceti [2]), quæ iſtis longe majores ſunt, eadem ratione ac fluviatiles natant, in quibus hoc mirum quod ex ſe fœtus generent. Vidi enim quæ parvulas quaternas intra ſe contineret (ſunt enim perlucidæ totæ) cumque in tubulo aſſervaretur, poſt horas aliquot eas enixa eſt, quæ ſeorſim quæque natabant.

Sed iſta quæ dixi in aqua diſcurrentia animalcula veri ſimile eſt ex aere in aquam allici propter odorem. Varijs enim rebus in aqua maceratis eædem formæ eorum reperiuntur [4]). at clauſo vaſculo nulla comparent [5]). Facile autem ob inſignem parvitatem in aere ſuſtinentur, cum minimis pulviſculis multo minora ſint. Ita multa ipſorum millia forſan in pulmones dimittimus ignari. nec inutile eſſet obſervare quibus anni tempeſtatibus plura appareant, et num aere vitiato augeantur.

Lac exiguis globulis pellucidis conſtare apparet [6]). in liquore item pellucido ſed diuerſæ refractionis natantibus; hinc album videtur cum tamen non aliam materiam quam prorſus diaphanam contineat, coloreque carentem.

Mitto inſectorum minimorum tot mirabiles formas. Alas papilionum et culicum, plumulis exiguis obſitas [7]). Pulviſculos in medijs florum apicibus inhærentes [8]), qui nil aliud ſunt quam folliculi tranſparentes materia ea pleni ex qua ceram apes conficiunt, quamque pedibus ſuis affixam in alvearia deferunt. Omnium

„doch niet op die manier gelijk ik voor desen geseyd heb dat het met de slangetjens, die in Asijn zijn, toegaat, die haar jongen in haar lijf dragen" [„mais non de la manière, dont j'ai dit auparavant, que cela se passe chez les anguillules qui sont dans le vinaigre, lesquelles portent leurs petits dans leur corps"]. Il est vrai que cette lettre, comme plusieurs de cette époque, ne fut pas publiée dans les Phil. Trans., mais on la trouve dans l'ouvrage de Leeuwenhoek „Ontledingen en ontdekkingen," etc., Leyden, Cornelis Boutesteyn, 1686, p. 34. Quant à la lettre antérieure à laquelle Leeuwenhoek fait allusion, nous ne la connaissons pas.

4) Comparez dans l'Appendice XI les remarques du 1 janv. 1679 (p. 717) et du 28 aoust 1692 (p. 725—726).

5) Comparez dans l'Appendice XI les observations du 24 juin jusqu'au 3 juillet 1679 (p. 718—719) et du 26 et 27 sept. 1692 (p. 730—731). D'ailleurs l'interprétation que Huygens a donnée ici à cette observation n'est pas exacte. Ce n'était probablement que le manque d'air qui empêchait dans le vase fermé le développement des animalcules en question. Toutefois on trouvera dans l'Appendice XI d'autres observations (celles du 22 déc. 1678, p. 716—717) dans lesquelles Huygens se montre un précurseur de Needham et de Spallanzani en examinant l'influence de l'application du froid et de la chaleur sur le développement ultérieur des organismes dans les infusions.

6) Voir l'observation de Huygens du 28 février 1678, p. 698 de l'Appendice XI et consultez sur celles de Leeuwenhoek la note 6, p. 400 du T. VII.

7) Voir à ce propos les pp. 125, 142 et 143 du T. VIII.

8) Voir les pp. 65, 96, 106, 112, 205 et 213 du T. VIII et l'observation du 20 mars 1678, p. 699 du Tome présent.

tante de toutes ce qu'on a obſervé dans la ſemence des animaux mâles [1]), ſavoir qu'il y nage en guiſe de petits poiſſons une immenſe multitude d'animalcules ayant à peu près la même forme que les grenouilles qui viennent de naître et qui ne poſſèdent pas encore de pattes. Il ne me paraît guère douteux que ces animalcules entrent dans les oeufs féminins et conſtituent le commencement des animaux qui en naîtront [3]). En effet, il y a pluſieurs raiſons qui nous portent à croire qu'il en eſt ainſi, et ce n'eſt pas une grande objection que de dire que ſouvent parmi une ſi grande multitude ce ne ſont que quelques-uns ou même un ſeul qui arrive à grandir juſqu'à devenir un animal, attendu que nous obſervons la même abondance, la même fécondité ſuperflue, dans la plupart des ſemences des arbres et des herbes, par exemple dans les ſemences du ſapin, du pavot, etc.

A cauſe de leur extrême petiteſſe (car même dix mille de ces animalcules ne ſont pas égaux en grandeur à un petit grain de ſable [4])), il faut les obſerver avec ces petites boules de verre, dont le pouvoir groſſiſſant eſt le plus grand.

Proposition XII.

Expliquer la construction des microſcopes compoſés [5]).

Nous parlerons maintenant des microſcopes compoſés, à l'aide deſquels on obſerve les objets qui ne tranſmettent pas la lumière et où leurs couleurs vraies apparaiſſent, et cela mieux et plus commodément qu'avec des lentilles uniques [6]).

Soit A [Fig. 34 et 35] la plus petite lentille du microſcope, et B la plus grande. Nous ferons voir plus loin la cauſe pour laquelle elles doivent être placées ainſi [7]). Et ſuppoſons B la plus proche de l'oeil qui ſe trouve au point C, tandis que A eſt ſituée du côté de l'objet placé en E. ABC eſt l'axe commun aux deux lentilles. Il faut conſidérer la queſtion de deux manières que nous écluciderons par deux figures. Dans la première les rayons émanant d'un ſeul point E de l'objet et tombant ſur la lentille A ſont réunis par la réfraction due à cette lentille en un point P;

[1]) Il s'agit e. a. de l'observation de Leeuwenhoek sur le sperme du coq (p. 163 du T. VIII) et surtout de celle sur le nombre immense de spermatozoïdes qu'on trouve dans la laite de la morue, lequel, d'après les calculs de Leeuwenhoek, surpasse le nombre des hommes qui habitent la terre; voir sa lettre à Constantyn Huygent, père, du 27 avril 1679 (p. 161—162 du T. VIII) et surtout la note 3 de la p. 161; on peut d'ailleurs consulter encore sur les observations de spermatozoïdes les pp. 59, 60, 62, 63, 65, 68, 69, 71, 74, 77, 96, 97, 100—103, 160, 163 et 167 du T. VIII, les pp. 698 et 702 de l'Appendice XI, et l'Appendice XII, p. 733.

[2]) Leçon alternative „auctæ".

[3]) Évidemment Huygens partage l'opinion de Leeuwenhoek (voir l'Appendice XII aux p. 735—736) et d'autres de ses contemporains que ce sont les spermatozoïdes qui se développent en animaux et que la matrice ou les oeufs ne servent que comme milieux de culture.

[4]) On retrouve le même nombre dans la lettre de Leeuwenhoek citée dans la note 9 de la p. 525; voir la p. 161 du T. VIII.

vero mirabiliſſimum ac præcipuum putandum, quod in ſemine animalium marium eſt obſervatum [1]), nempe in eo animalculorum immenſam multitudinem piſciculorum more natare, ejus fere formæ quam ranæ habent nuper natæ ac nondum pedibus præditæ [2]). Quæ animalcula, intrare ova fœminarum, atque eſſe ipſorum animalium inde excludendorum initia, vix mihi dubitandum videtur [3]). Plurima enim hoc ſuadeant, nec multum obſtat quod e tanta multitudine ſæpe vel pauca vel unum duntaxat in animal excreſcant, cum eadem abundantia ac ſuperflua fæcunditas in pleriſque arborum et herbarum ſeminibus conſpiciatur, velut abietis, papaveris etc.

Hæc vero animalcula propter miram parvitatem (nam vel decem millia eorum exiguum arenæ granum non æquant [4])) globulis iſtis vitreis inſpicienda ſunt, quorum in augendo præcipua eſt virtus.

[Fig. 34.] [Fig. 35.]

[Propositio XII.]

[Microſcopiorum compoſitorum rationes explicare.] [5])

Nunc de compoſitis microſcopijs dicemus, quorum opera ſpectantur quæ lucem non tranſmittunt, verique eorum colores apparent, idque melius commodiuſque quam lenticulis ſingulis [6]).

Sint lentes microſcopij A [Fig. 34 et 35] minor, et B major, cur autem ita ponendæ cauſam poſtea demonſtrabimus [7]). ſitque B oculo propior, qui ſit ad C punctum; A vero ad rem viſam obverſa, quæ ſit ad E, axis communis lenti utrique ABC. duplex autem adhibenda eſt obſervatio, quam duplici ſchemate deſignamus. In priore radij ex uno rei viſæ puncto E manantes in lentem A, conveniunt hujus refractione ad punctum P, atque ibi ſeſe interſecantes,

[5]) Suscription qu'on rencontre à la p. 228 de l'édition de 1703, mais qui manque dans le manuscrit; comparez la note 2 de la p. 475.

[6]) On trouve ici en marge les annotations suivantes: „ex pag. θ in margine" [il s'agit des lignes 7—12, à commencer par le mot „lenticulis", de la p. 523] „petenda erit ratio cur non tantum amplificare poſſint compoſita microscopia vel quæ colores oſtendunt rerum, quàm globuli aut lenticulæ ad tranſparentia."

„Cur non compositum multum amplificans ad lucem obvertatur cum majori apertura? an quod lenticulæ non satis accuratè formentur? Sed quid opus est? obſcuriora essent ob ſecundæ lentis materiam et repercussiones. imo et lenticula inferior multo crassior est globulo vitreo."

[7]) Il s'agit de l'effet sur les deux aberrations de l'intervertissement de l'oculaire et de l'objectif

ſe coupant en ce point et continuant leur route juſqu'à la lentille B, ils ſont rendus parallèles par cette dernière et parviennent ainſi à l'oeil placé au point C; de cette façon la viſion devient diſtincte. Il faut donc que la diſtance AE ſoit plus grande que AQ, diſtance focale de la lentille A. Et les longueurs EQ, EA, EP doivent former une proportion [1]). Mais la lentille B doit être placée de telle manière que ſon foyer qui ſe trouve du côté de A, tombe préciſément au point P. Tout ceci eſt évident d'après ce qui a été démontré plus haut. La deuxième figure montre les rayons DAG, FAH, EAB émanant chacun d'un autre point de l'objet. Or, le point A eſt le centre de la lentille, et, pour déterminer la place C de l'oeil, on fait en ſorte que les grandeurs AP, AB et AC forment une proportion [2]). En effet, de cette façon on obtient que, quelque petite que ſoit l'ouverture de la lentille A, la lentille B eſt pourtant remplie toute entière par l'image de l'objet, puiſque les rayons iſſus du point A et tombant ſur la lentille B toute entière ſont amenés à ſe réunir au point C.

On apprendra à connaître le groſſiſſement en traçant dans la ſeconde figure la droite CF; en effet, il ſera égal au rapport de l'angle BCH à l'angle ECF, lequel eſt égal au produit du rapport de l'angle BCH à l'angle BAH et de celui de l'angle BAH ou EAF à l'angle ECF. Mais le premier de ces rapports eſt égal au rapport de la droite AB à la droite BC, et le deuxième au rapport CE : EA, attendu que pour ces petits angles le rapport des angles eſt conſidéré comme égal au rapport des tangentes. Par conſéquent, le groſſiſſement ſera compoſé des rapports AB : : BC ou AP : PB (car AP, AB et AC forment une proportion) et CE : EA. Mais pour pouvoir mieux juger de l'effet du microſcope, il faut plutôt comparer l'angle BCH à l'angle ſous lequel l'on verrait la droite EF ſi celle-ci était ſituée à une diſtance de 8 pouces de l'oeil, c'eſt-à-dire à l'angle ELF, LE étant priſe égale à 8 pouces d'après ce que nous avons dit plus haut [3]) à propos du groſſiſſement dû à une petite lentille ſimple. Le groſſiſſement doit donc ici être conſidéré comme compoſé du rapport de l'angle BCH à l'angle BAH, et de BAH ou EAF à ELF; c'eſt-à-dire du rapport AP : PB et du rapport de la ligne EL, longue de 8 pouces, à la droite EA. En effet, ſi le microſcope avait une longueur telle que, par exemple, CE était de deux pieds, c'eſt-à-dire égale à trois fois LE et qu'on avait trouvé d'après le premier calcul un groſſiſſement 90 : 1, il ne faudrait cependant conſidérer le groſſiſſement que comme égal à 30 : 1, parce que la ligne EF regardée à travers le microſcope ne paraîtrait que 30 fois plus longue que cette même ligne regardée à l'oeil nu d'une diſtance de 8 pouces. Car il ne s'agit pas de calculer combien le microſcope groſſit un objet ſitué à une diſtance de deux pieds, mais ſeulement de ſavoir dans quel rapport eſt groſſi

par lequel le grossissement ne changerait pas. Cette question sera traitée aux §§ 7 et 17 de l'Appendice IX, pp. 637 et 656. En effet, le théorème remarquable du § 17 cité était d'abord destiné à faire partie de la „Dioptrique"; voir la note 5 de la p. 657.

atque in lentem B pergentes, hujus opera paralleli redduntur atque ita ad oculum in C perveniunt, eoque diſtincta ſit viſio. Oportet itaque diſtantiam AE majorem eſſe quam ſit AQ foci diſtantia lentis A. Et proportionales eſſe debent EQ, EA, EP [1]). Lens vero B ita collocanda ut ejus focus qui verſus A, cadat in ipſum punctum P. quæ omnia ex ſupra demonſtratis manifeſta ſunt. Altera figura radios ſingulos exhibet à diverſis rei viſæ punctis fluentes DAG, FAH, EAB. Eſt autem punctum A medium lentis, ponunturque AP, AB, AC proportionales, ad definiendum oculi locum C [2]); ita enim ſit ut quamlibet exiguo foramine pateat lenticula A, tota tamen lens B imagine rei viſæ impleatur, quoniam radij ex A in totam lentem B cadentes coguntur ad punctum C.

Proportio autem magnitudinis apparentis ad veram cognoſcetur ductâ in ſecunda figura rectâ CF. Erit enim ea quam habet angulus BCH ad angulum ECF. quæ ratio componitur ex ratione anguli BCH ad angulum BAH et anguli BAH ſeu EAF ad angulum ECF. Sed prior harum eſt eadem quæ rectæ AB ad BC, et poſterior ea quæ CE ad EA, quia in exiguis angulis hiſce eadem cenſetur ratio angulorum quæ tangentium. Ergo ratio apparentis ad veram magnitudinem erit compoſita ex rationibus AB ad BC ſeu AP ad PB (nam proportionales ſunt AP, AB, AC) et CE ad EA. Sed ut rectius æſtimetur microſcopij effectus, comparandus eſt potius angulus BCH cum angulo, quo cerneretur recta EF ſi ab oculo 8 pollices diſtaret, hoc eſt cum ang.° ELF; poſitâ LE pollicum 8, ſecundum ea quæ de ſimplicis lenticulæ multiplicatione ſuperius dicta fuere [3]). atque ita ratio amplificationis cenſenda hic componi ex ratione anguli BCH ad BAH, et BAH ſeu EAF ad ELF; hoc eſt ex ratione AP ad PB, et lineæ EL, 8 pollices longæ, ad rectam EA. Si enim tantæ longitudinis eſſet microſcopium ut ex. gratia CE eſſet duorum pedum, hoc eſt, tripla LE, repertaque eſſet priori ratiocinio magnitudo apparens ad veram quæ 90 ad 1, tamen non niſi quæ 30 ad 1 cenſenda eſſet, quia tantum trigecuplo major appareret linea EF microſcopij opera quam nudo oculo ex octo pollicum diſtantia ſpectata. Non enim conſiderandum quantum microſcopio amplificemus rem duobus pedi-

[Fig. 34.] [Fig. 35.]

[1]) Par la Prop. XX, Part. I, Lib. I, p. 98.

[2]) Ainsi l'oeil se trouvera au point qui correspond au point A par rapport à la lentille B, c'est-à-dire au lieu où l'image de l'oculaire est formée par l'objectif. Comparez la note 1 de la p. 196.

[3]) Voir la p. 515.

l'objet regardé de la diſtance à laquelle nous avons coutume de placer l'oeil, lorſque nous voulons voir diſtinctement.

Proposition XIII.

De la clarté des images formées par les microscopes et de leurs ouvertures.

De même que nous avons auparavant diſcuté les ouvertures des téleſcopes [2]), de même auſſi nous nous occuperons maintenant de ce qui ſe rapporte aux petites lentilles des microscopes ſituées du côté des objets; deſquelles dépend toute leur puiſſance et tout leur effet, à tel point qu'on peut conclure de la nature de ces lentilles juſqu'à quelle limite on peut pouſſer le groſſiſſement; ce que personne, que je ſache, n'a encore expoſé. Or, on rencontrera ici, comme cela a été démontré dans le cas des téleſcopes, une progreſſion pour ainſi dire infinie, non pas il eſt vrai dans le microſcope ſimple, contenant une ſeule lentille, mais dans ceux qui en comprennent deux [3]).

Pour les microſcopes compoſés d'une ſeule lentille, il faut obſerver que dans ceux qui poſſèdent une diſtance focale d'un demi-pouce ou davantage, il n'eſt pas du tout néceſſaire de diminuer l'ouverture afin de rendre la viſion diſtincte, attendu que l'étroiteſſe de la pupille a préciſément l'effet d'exclure, pour autant qu'il en eſt beſoin, les rayons qui ſeraient nuiſibles et cela abſolument de la même manière que ſi la lentille ne poſſédait qu'une ouverture de cette même grandeur. Mais dans le cas des lentilles plus petites, où il eſt néceſſaire de limiter les ouvertures, il faut que leurs diamètres aient entre eux un rapport égal à celui des diſtances focales, afin de donner des objets des images également nettes. Mais la clarté ſera alors dans le même rapport élevé au carré; de ſorte que plus les lentilles dont on ſe ſervira ſeront fortes, plus grande, mais auſſi plus obſcure, ſera l'image qu'elles donneront de chaque objet [4]).

Conſidérons une petite lentille P [Fig. 36], dont l'axe eſt TBF et PD le rayon de la plus grande ouverture que l'expérience a montré qu'elle peut avoir, rayon inférieur à celui de la pupille. Soit le foyer extrême des rayons rouges qui proviennent de rayons parallèles à l'axe, au point F, où l'objet lui-auſſi eſt placé, tandis que le foyer des rayons violets provenant de ces mêmes rayons parallèles à l'axe, ſe trouve en B. En ſuppoſant auſſi toutes les mêmes choſes au ſujet de la plus petite lentille **p** [Fig. 37], dont le rayon de l'ouverture **pd** ſoit à la diſtance focale **pf** dans le même rapport que chez la plus grande lentille, je dis qu'on aperçoit l'objet avec une netteté égale à travers chacune des deux lentilles.

En effet, comme dans l'un et l'autre cas le rayon ED, s'il tombe parallèlement

bus diſtantem, ſed quanto major efficiatur quam cum ex eo ſpectatur intervallo, quo ſolemus oculum admovere cum diſtincte [1]) intueri cupimus.

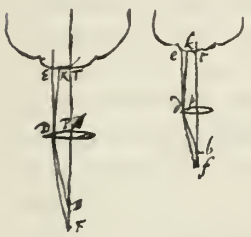
[Propositio XIII.]

De Microſcopiorum luce et aperturis.

Sicut antea de Teleſcopiorum aperturis inquiſivimus [2]), ita nunc ea quoque expendemus quæ Microſcopiorum lenticulis ad res viſas obverſis conveniunt; unde omnis eorum pendet vis et effectus, adeo quidem ut hinc diſcendum ſit quouſque viſibilium amplificatio perduci poſſit: quod hactenus a nemine, quod ſciam, fuit definitum. Invenietur autem et hic progreſſus quidam infinitus qualis in Teleſcopijs oſtenſus fuit, non quidem in ſimplici unius lenticulæ Microſcopio, ſed in ijs quæ ex binis componuntur [3]).

Si ſingulis lentibus microſcopia conſtituantur, ſciendum eſt in ijs quæ circiter ſemipollicarem habent aut majorem foci diſtantiam, nihil opus eſſe moderanda apertura diſtinctam viſionem efficere; quoniam ipſa pupillæ anguſtia radios nocituros quantum opus eſt excludit, atque ita prorſus ac ſi non majori foramine lens adaperta foret. In minoribus vero lenticulis ubi aperturarum circumſcriptio neceſſaria eſt, oportet harum diametros eandem rationem ſervare quæ eſt foci diſtantiarum, ut æque diſtincte res viſas referant. claritas vero tunc erit in eadem ratione duplicata, ut proinde quo acutiores lenticulæ adhibebuntur eo majora quidem ſed et obſcuriora omnia videri faciant [4]).

[Fig. 36.] [Fig. 37.]



Sit lenticula P [Fig. 36], cujus axis TBF, ſemidiameter aperturæ PD, quantam maximam experientia ferri poſſe oſtendit, eaque pupillâ minor. focus extremus radiorum rubrorum qui ab axi parallelis procedunt, in F puncto, ubi et viſibile collocatum ſit. focus violaceorum ab ijſdem axi parallelis procedentium, in B. Poſitis item ijſdem omnibus in minore lenticula **p** [Fig. 37], cujus aperturæ ſemidiameter **pd** ſit ad foci diſtantiam **pf** ſicut in majore. dico utraque æque diſtinctè viſibile conſpici.

Cum enim utrobique ſi radius ED axi parallelus in lentem P incidat, idem

[1]) Leçon alternative: „curiosius".

[2]) Voir la Prop. VII, p. 481.

[3]) Voir, plus loin, la note 7 de la p. 533.

[4]) On trouvera une rédaction antérieure (de 1684) de la démonstration de cette proposition au § 2 de l'Appendice VIII, p. 624—625. De même, l'aberration chromatique du microscope simple est traitée au § 5 de l'Appendice IX, p. 634.

à l'axe ſur la lentille P, eſt diſperſé également par l'angle FDB, de ſorte qu'il conduit l'extrême couleur rouge au point F, et l'extrême couleur violette au point B, il arrivera réciproquement que le rayon FD émanant de l'objet, ſera diſperſé par l'angle EDK, de telle manière que l'angle EDK ſera égal à l'angle FDB, d'après la propoſition... [1]) L'angle d'aberration eſt donc dans les deux cas l'angle FDB et c'eſt de lui que dépend l'aberration des rayons au fond de l'oeil, comme nous l'avons démontré lorſque nous traitions du téleſcope [2]). Mais comme, d'après la nature de cette aberration, PF : FB = **pf** : **fb**, et qu'on a de même, par hypothèſe, PD : PF = **pd** : **pf**, il eſt évident que les angles PFD, **pfd** d'une part et les angles PBD, **pbd** d'autre part ſont égaux et que, par conſéquent, la différence des deux premiers eſt égale à celle des deux derniers, c'eſt-à-dire ∠FDB = ∠**fdb**. Par ſuite, les aberrations au fond de l'oeil ſont égales dans les deux cas, et il en réſulte que la viſion eſt dans les deux cas également diſtincte [3]).

De plus, comme les angles PFD et **pfd** ſont égaux, il apparaît que dans les deux cas la même quantité de rayons iſſus des points F, **f**, et d'autres points quelconques, atteint les lentilles et, par conſéquent, auſſi la pupille de l'oeil. Mais la largeur de l'image au fond de l'oeil eſt d'autant plus grande dans le cas de la petite lentille, que PF eſt plus grande que **pf**, comme cela a été démontré plus haut [4]); et les ſurfaces apparentes ſont entre elles comme les carrés de leurs largeurs. Par conſéquent, la même quantité de rayons de lumière employée pour illuminer l'une et l'autre ſurface, rendra la plus petite plus lumineuſe dans un rapport égal à celui des deux ſurfaces, c'eſt-à-dire au carré du rapport PF : **pf**; ce qui reſtait à démontrer.

Comme donc dans les petites lentilles plus fortes la perfection de la viſion telle qu'on la trouve dans de plus grandes ne peut être conſervée ſans que l'obſcurité augmente, il s'enſuit qu'il n'eſt pas permis de pouſſer le groſſiſſement auſſi loin qu'on le voudrait, à moins que, pour éclairer l'objet, une lumière plus abondante ne ſoit procurée d'autre part [5]). Mais même de cette façon nous n'avançons guère, parce que la largeur auprès de la pupille, c'eſt-à-dire celle du petit cylindre lumineux émanant des différents points de l'objet, duquel nous avons parlé dans l'explication des téleſcopes [6]) et qui poſſède ici une largeur préciſément égale à celle de l'ouverture, ne peut être diminuée de manière à devenir inférieur à $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$ ligne; de ſorte que de toutes façons un terme eſt poſé à l'efficacité de ces petites lentilles.

Ainſi nous examinerons dans la ſuite ce que l'on peut obtenir par la combinaiſon de deux lentilles: nous démontrerons en premier lieu que l'on peut avoir un plus grand effet avec les microſcopes plus courts qu'avec ceux qui ſont plus longs. Nous démontrerons même [7]) qu'il exiſterait une progreſſion pour ainſi dire

[1]) Comparez la Prop. VI, p. 475 et le lemme de la p. 487.

[2]) Voir la p. 491.

[3]) Il est clair que le même raisonnement peut servir pour le cas de l'aberration sphérique, comme Huygens l'a remarqué lui même dans l'annotatation en italiques ajoutée plus tard

ſpargatur per angulum FDB, ita ut rubrum colorem extremum deferat ad F, violaceum extremum ad B. fiet viciſſim ut radius a viſibili manans FD, ſpargatur per angulum EDK, ita ut angulus EDK ſit æqualis FDB, ex prop. . . [1]) Eſt itaque utrobique aberrationis angulus FDB, a quo pendet aberratio radiorum in oculi fundo, ut oſtenſum cum de Teleſcopijs agebatur [2]). Quia vero ex natura aberrationis hujus, ut PF ad FB, ita eſt **pf** ad **fb**; itemque ex hypotheſi, PD ad PF ut **pd** ad **pf**, manifeſtum eſt æquales eſſe tam angulos PFD, **pfd**, quam PBD, **pbd**, quare et differentia priorum, æqualis differentiæ poſteriorum, hoc eſt ang. FDB æqualis angulo **fdb**. ac proinde aberrationes in fundo oculi utrimque æquales, eoque viſio æque diſtincta [3]).

Porro quia anguli PFD, **pfd** æquales, apparet eandem quantitatem radiorum utrobique a punctis rei viſæ F, **f** et alijs quibuſvis ad lentes manare, eoque et ad oculi pupillam. Latitudo vero rei viſæ in fundo oculi tanto major ſit minori lenticula, quanto major eſt PF quam **pf**, ut in ſuperioribus demonſtratum eſt [4]); et ſuperficies apparentes ſunt in duplicata ratione latitudinum. Ergo eadem radiorum lucidorum quantitas utrique ſuperficiei illuſtrandæ impenſa, clariorem efficiet minorem ſecundum rationem quâ ab altera ſuperficie ſuperatur, hoc eſt ſecundum duplicatam rationem PF ad **pf**, quod demonſtrandum ſupererat.

Cum itaque ſervari non poſſit eadem viſionis perfectio in acutioribus lenticulis quæ reperitur in majoribus, quin creſcat obſcuritas, ſequitur non licere amplificando quouſque libet progredi, niſi lux major illuſtrando viſibili aliunde arceſſatur [5]). Nec ſic quoque multum proficimus, quoniam latitudo ad pupillam, ſeu cylindrulus radioſus à ſingulis rei viſæ punctis affluens de quo in teleſcopiorum explicatione dictum fuit [6]), quique hic ipſam aperturæ latitudinem habet, non infra quintam ſextamve lineæ partem contrahi poteſt, adeo ut undique terminus præſcriptus ſit harum lenticularum efficaciæ.

Jam porro quid binis lentibus componendis fieri poſſit inveſtigabimus, atque inprimis oſtendemus plus præſtari poſſe brevioribus quam longioribus microſcopijs. Quin etiam infinitum quendam ampliationis progreſſum dari demonſtrabimus [7]) niſi obſtaret lenticularum parvitas, quæ continuo tanta ſit, ut nec veras ſphæræ

---

au § 2, p. 624, de l' Appendice VIII; comparez la note 6 de cette p. 624. De plus, dans le postcriptum ajouté (p. 625) à ce même paragraphe, il reconnaît l'importance bien plus grande de l'aberration sphérique. C'est donc évidemment par mégarde que Huygens n'a pas discuté ici dans le texte de la „Dioptrique" l'effet de cette aberration dans le microscope simple; effet qu'il traite si amplement, dans la suite, pour le cas du microscope composé; voir les Prop. XV (p. 543), XVII (p. 561) et XVIII (p. 569).

[4]) Voir la Prop. X, p. 515.

[5]) Comparez la note 4 de la p. 523.

[6]) Voir la p. 507.

[7]) Voir les Prop. XIV (p. 535), XV (p. 543) et XVIII (p. 569)

infinie du groſſiſſement, ſi la petiteſſe des lentilles n'y faiſait obſtacle, laquelle devient bientôt telle que nous ne pouvons ni leur donner des formes ſphériques parfaites ni nous en ſervir aſſez aiſément, attendu qu'elles finiſſent par échapper même aux regards.

Or [1]), la propoſition ſuivante ſera également vraie pour chacune des deux aberrations des rayons. Car nous montrerons plus loin [2]) qu'il faut ici tenir compte auſſi de l'aberration qui provient de la forme de la lentille.

Proposition XIV.

Lorſqu'un microſcope quelconque compoſé de deux lentilles, tel que nous l'avons décrit [3]), eſt donné, on peut, en conſervant la lentille oculaire, trouver un autre microſcope plus court, pour lequel la grandeur apparente de l'objet et la clarté ſont les mêmes, tandis que la viſion eſt plus nette, ou bien la netteté la même et la clarté plus grande [4]).

Conſidérons un microſcope compoſé de la lentille oculaire EZ [Fig. 38] et de la lentille PD ſe trouvant du côté de l'objet, deſquelles l'axe commun eſt VEPB. Suppoſons l'objet placé au point B; ſoit O, entre P et B, le foyer de la lentille PD, N, entre E et P, le foyer de la lentille EZ. L'oeil ſe trouve au point V et la diſpoſition ſoit la même que plus haut [5]), c'eſt-à-dire telle que BO, BP et BN forment une proportion, et de même PN, PE, PV.

Enſuite, ayant pris une lentille oculaire **ez** [Fig. 39] poſſédant une diſtance focale **en** égale à EN, joignons-y une deuxième lentille **pd**, dont la diſtance focale **po** ſoit inférieure à PO. Or, comme PO eſt à **po**, ainſi ſoit PN à **pn** et ainſi auſſi PB à **pb**. Par conſéquent, de même que les rayons émanant d'un point B de l'objet, ſe réuniſſent au point N par la réfraction due à la lentille PD, de même auſſi les rayons qui viennent du point **b** ſe réuniſſent en **n** par la réfraction due à la lentille **pd**; enſuite ils deviendront parallèles par la réfraction due à la lentille **ez**, et c'eſt dans cet état qu'ils parviendront à l'oeil placé en **v**, point qu'on trouve en formant une proportion des trois grandeurs **pn**, **pe** et **pv**; il en réſultera que l'oeil verra toute la lentille **ez** remplie de l'image de l'objet, d'après ce que nous avons

[1]) Primitivement on lisait au lieu de l'alinéa qui suit: „Sequentes autem propositiones duas ita primum demonstrabimus ut sola radiorum aberratio consideretur quæ ex dissipatione oritur, altera vero quæ ex figura pro nulla habeatur. Cujus tamen postmodum rationem quoque habebimus cum non semper in his negligi possit."

[2]) Voir la p. 565, qui suit.

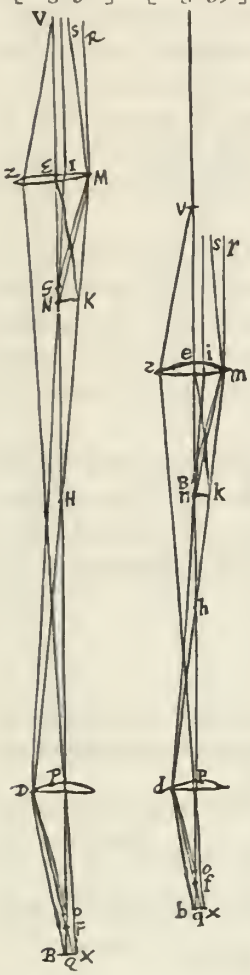
[3]) Voir la Prop. XII, p. 527.

[4]) On lit encore en marge les sommaires suivants du contenu de la proposition présente: „servata oculari, diminuta inferiori lenticula, melius fieri. ostende brevius melius.

ſuperficies ijs inducere, nec ſatis commode ipſas tractare poſſimus, quippe quæ et viſum denique effugiant.

Sequens [1]) vero propoſitio æque vera erit in utraque radiorum aberratione. Namque hic ejus quoque rationem habendam eſſe quæ ex figura naſcitur, poſtmodum oſtendemus [2]).

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



Propos[itio XIV].

Dato quocunque Microſcopio ex binis lentibus quomodo diximus [3]) compoſito, poteſt aliud brevius reperiri, ſervata eadem lente oculari in quo eadem fiat rei viſæ magnitudo apparens, eadem claritas, viſio autem diſtinctior, vel ſervata eadem diſtinctione, major claritas [4]).

Sit microſcopium ex lentibus EZ [Fig. 38] oculari et PD ad viſibile obverſa compoſitum, quarum axis communis VEPB; Sit viſibile ad B; focus lentis PD inter P, B, ſit O. focus lentis EZ inter E, P, ſit N. Oculus ad V. diſpoſitio autem qualis ſupra [5]), ut nempe BO, BP, BN ſint proportionales, itemque PN, PE, PV.

Porro adſumta lente oculari **ez** [Fig. 39] quæ foci diſtantiam **en** æqualem habeat EN, jungatur ei lens altera **pd**, cujus foci diſtantia **po** minor ſit quam PO. Sicut autem PO ad **po**, ita ſit PN ad **pn**, et ita quoque PB ad **pb**. Itaque quemadmodum radij a puncto rei viſæ B manantes, refractione lentis PD conveniunt in N, ita quoque qui a puncto **b** veniunt, refractione lentis **pd** convenient in **n**, atque inde refractione lentis **ez** fient paralleli atque ita ad oculum ferentur qui ſit in **v**, poſitis proportionalibus **pn**, **pe**, **pv**, unde fiet ut totam lentem **ez** imagine rei viſæ

patebit inversum pejus esse [voir la note 7, p. 527]. Si in majori sit optima omnium dispositio tamen brevius illi præstabit."

Ajoutons que le § 11 de l'Appendice IX, qui date de 1692, contient l'avant-projet de tout ce qui suit au sujet de la Proposition présente; voir le début de la première Partie de ce § 11, p. 644, jusqu'au commencement du dernier alinéa de la p. 645.

[5]) Comparez le dernier alinéa de la p. 527; mais remarquez que les points V, E, N, P, O et B de la figure présente correspondent respectivement aux points C, B, P, A, Q et E de la Fig. 35 de la page citée.

expliqué plus haut [1]). Or, je dis maintenant que dans les deux microſcopes les objets auront la même grandeur apparente. Et, ſi, de plus, les ouvertures des lentilles PD et **pd** ſont priſes proportionnelles à leurs diſtances focales, je dis qu'on obtient avec les deux microſcopes la même clarté, mais qu'avec le plus court on voit tous les objets plus diſtinctement, en d'autres termes que l'angle d'aberration dans l'oeil y devient plus petit.

Suppoſons que les petites lignes BX et **bx**, perpendiculaires à l'axe et égales entre elles, repréſentent les largeurs de l'objet, et traçons par les centres des lentilles P et **p** les droites XPZ et **xpz** coupant les lentilles EZ et **ez** aux points Z et **z**; menons à partir de ces points les droites ZV et **zv** aux points où ſe trouve l'oeil. Les petites lignes égales BX et **bx** feront donc vues ſous les angles EVZ et **evz** et ſi nous démontrons que celles-ci ſont égales entre elles, c'eſt-à-dire, que le rapport VE : EZ eſt égal au rapport **ve** : **ez**, la grandeur apparente ſera la même dans les deux cas [2]).

Or, le rapport VE : EZ eſt compoſé des rapports VE : EP et EP : EZ. Mais le rapport VE : EP eſt égal au rapport EN : NP, parce que VP, EP et NP forment une proportion. Et le rapport EP : EZ eſt le même que PB : BX. Par conſéquent, le rapport VE : EZ eſt compoſé des rapports EN : NP et PB : BX, et ſera donc égal au rapport des rectangles EN, PB et NP, BX, lequel ſe compoſe auſſi des rapports PB : NP et EN : BX.

On démontre de même que dans le plus petit microſcope le rapport **ve** : **ez** eſt compoſé des rapports **pb** : **np** et **en** : **bx**. Mais le rapport **pb** : **np** eſt, par hypothèſe, égal au rapport PB : NP, comme cela ſe voit aiſément. De même le rapport **en** : **bx** eſt égal au rapport EN : BX, parce que **en** et EN ſont égales entre

---

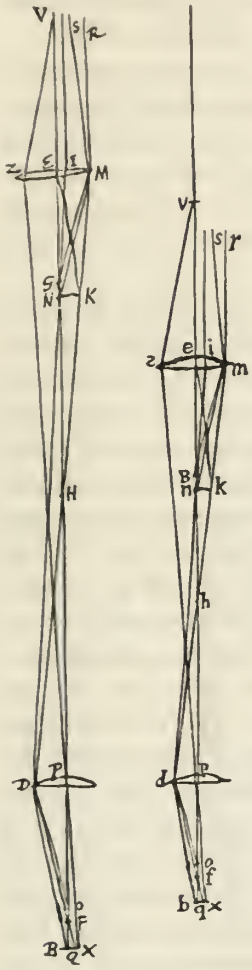
[1]) Voir la p. 529 et surtout la note 2 de cette page.

[2]) Voici une démonstration algébrique que primitivement on trouvait à cet endroit dans le manuscrit mais qui fut biffée pour la remplacer par celle, plus géométrique et moins embarrassée, qui est contenue dans les deux alinéa's qui suivent dans le texte:

Sit PB ∞ b, PN ∞ c, NE itemque **ne** ∞ d, **pb** ∞ f, BX itemque **bx** ∞ n. Igitur ut PB ad BX ita erit PE ad EZ. hoc est ut b ad n erit $c + d$ ad $\frac{nc + nd}{b}$ ∞ ∞ EZ. Et quia proportionales sunt PN, PE, PV, erit ut PN ad PE ita NE ad EV, hoc est sicut c ad $c + d$ ita erit d ad $\frac{dc + dd}{c}$ ∞ EV.

Simili ratione in minori microscopio erit ut **pb** ad **bx** ita **pe** ad **ez**, hoc est ut f ad n ita $\frac{cf}{b} + d$ (nam **pn** est $\frac{cf}{b}$ quia ex hypothesi proportionales sunt BP, PN; **bp**, **pn**) ad $\frac{nc}{b} + \frac{nd}{f}$, quod igitur ∞ **ez**. Et quia proportionales **pn**, **pe**,

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



plenam ſpectet, per ea quæ ſuperius explicata ſunt [1]). dico jam utroque microſcopio apparentes rei viſæ magnitudines fore æquales. Quod ſi et aperturæ lentium PD, **pd**, proportionales ponantur ipſarum foci diſtantijs. dico utroque microſcopio eandem haberi claritatem, ſed breviori omnia diſtinctius cerni, ſive angulum aberrationis in oculo hic minorem fieri.

Sint rei viſæ latitudines lineolæ BX, **bx**, axibus perpendiculares et inter ſe æquales, et per centra lentium P, **p**, ducantur rectæ XPZ, **xpz**, lentibus EZ, **ez** occurrentes in Z, **z**, atque hinc ducantur ZV, **zv**, ad puncta oculi. Spectabuntur itaque lineolæ æquales BX, **bx**, angulis EVZ, **evz**, qui ſi inter ſe æquales eſſe oſtendantur, hoc eſt ſi eadem ſit ratio VE ad EZ quæ **ve** ad **ez**, erit utrobique magnitudo apparens eadem [2]).

Componitur autem ratio VE ad EZ ex rationibus VE ad EP et EP ad EZ. Sed ratio VE ad EP eſt eadem quæ EN ad NP, quia proportionales ſunt VP, EP, NP. Et ratio EP ad EZ eſt eadem quæ PB ad BX. Ergo ratio VE ad EZ componitur ex EN ad NP et PB ad BX, ac propterea eadem erit quæ rectang.i EN, PB ad rectang. NP, BX; quæ etiam componitur ex rationibus PB ad NP et EN ad BX.

Eodem modo in minore microſcopio oſtenditur ratio **ve** ad **ez** componi ex rationibus **pb** ad **np** et **en** ad **bx**. Sed ratio **pb** ad **np** eſt eadem ex hypotheſi quæ PB ad NP ut facile perſpicitur. Itemque ratio **en** ad **bx** eadem quæ

---

pv, erit ut **pn** ad **pe** ita **ne** ad **ev**; hoc est ut $\frac{cf}{b}$ ad $\frac{cf}{b} + d$, ſive ut cf ad $cf + bd$, ita d ad $d + \frac{bdd}{cf} \infty$ **ev**.

Jam eandem ostendemus eſſe rationem **ve** ad **ez** quam EV ad EZ. Harum prior enim est ea quæ $d + \frac{bdd}{cf}$ ad $\frac{nc}{b} + \frac{nd}{f}$, altera quæ $\frac{dc + dd}{c}$ ad $\frac{nc + nd}{b}$. Sed prior, ductis omnibus in bcf, est ea quæ $dcfb + bbdd$ ad $nccf + bcnd$ seu dividendo per $cf + bd$, ea quæ db ad nc. altera vero, ducendo in bc, est ea quæ $bdc + bdd$ ad $ncc + cnd$, seu dividendo per $c + d$, ea quæ db ad nc. Itaque eandem apparet esse rationem **ev** ad **vz** quæ VE ad EZ, eoque angulos æquales eſſe, **evz**, EVZ. quod erat dem."

elles et **bx** et BX de même. Par conſéquent, les rapports VE : EZ et **ve** : **ez** ſont compoſés des mêmes rapports; il s'enſuit qu'ils ſont égaux entre eux; il en eſt donc auſſi de même des grandeurs apparentes de la petite ligne BX ou **bx**.

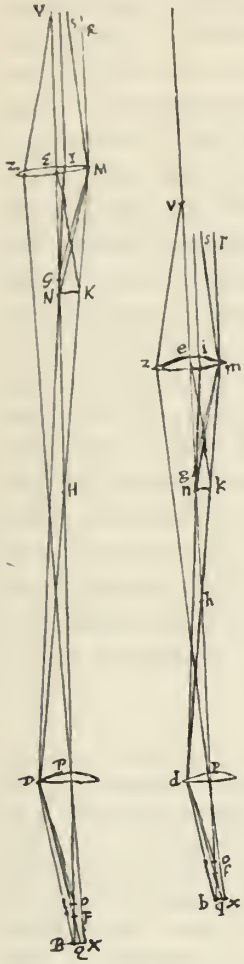
Si nous prenons enſuite les ouvertures PD et **pd** dans le même rapport que les diſtances focales PO et **po**, c'eſt-à-dire dans celui des droites PB et **pb**, il apparaît que la même quantité de rayons, provenant des points quelconques B et **b** de l'objet, entrera dans chacun des deux microſcopes; il en ſera, par conſéquent, de même de la lumière provenant de la ſurface tout entière, laquelle quantité de lumière étant diſtribuée dans les deux instruments ſur des images égales, il s'enſuit que leur clarté devient la même.

Enſuite on démontre facilement que l'angle d'aberration qui réſulte de la diſperſion du rayon eſt plus petit dans le microſcope le plus court. En effet, ſi BF et **bf** repréſentent ces aberrations pour les rayons venant des points N et **n**, on conçoit aiſément [1]) qu'elles ſeront entre elles comme les diſtances BP et **bp**; et le rapport de ces diſtances eſt égal à celui des ouvertures ou de leurs moitiés PD et **pd**. Il s'enſuit, ſi l'on trace FD et **fd**, que BDF et **bdf** deviennent des triangles ſemblables et que leurs angles D et **d** deviennent égaux. Et comme donc les rayons ND et **nd** ſont diſperſés de telle manière, par la réfraction due aux lentilles PD et **pd**, que DB et **db** portent la couleur rouge et DF et **df** la couleur violette, et que, par conſéquent, les rayons violets FD et **fd** ſeraient réciproquement tranſformés en DN et **dn**, il arrivera que les rayons violets contenus dans les rayons BD et **bd** ſe tranſforment en DM et **dm**, de telle ſorte que les angles MDN et **mdn** ſeront égaux aux angles BDF et **bdf** *. Or, ces deux derniers ſont égaux entre eux; il en eſt donc de même des angles MDN et **mdn**. Et comme PN eſt plus grande que **pn** (en effet, ces droites ſont entre elles comme les diſtances focales PO et **po**), ſi l'on trace NK et **nk** perpendiculairement à l'axe et rencontrant les droites DM et **dm**, on aura que NK eſt plus grande que **nk**; et, ſi l'on trace NM et **nm**, ainſi que KE et **ke**, l'angle **nek** ſera plus petit que l'angle NEK, vu que NE et **ne** ſont égales. Par conſéquent, **nmk** ſera auſſi plus petit que NMK, parce que ces angles ſont conſidérés comme égaux reſpectivement aux angles précédents. Or, ſi l'on ſuppoſe enſuite que les points G et **g** ſont les foyers des rayons violets qui tombent parallèlement à l'axe ſur les lentilles EZ et **ez**, de même que N et **n** ſont les foyers des rayons rouges (car nous définiſſons toujours les diſtances focales par le concours des rayons rouges), il s'enſuivra que ſi les rayons violets ſe meuvent par GM et **gm** ils deviendront des rayons parallèles à l'axe, comme MR et **mr**, et que, par conſéquent, les rayons violets DM et **dm** ne ſeront pas parallèles à l'axe après la réfraction mais qu'ils ſeront inclinés du côté de l'axe de telle manière que les angles RMS et

* Prop. VI [2])

[1]) C'est-à-dire, à cause de la similitude complète des systèmes formés par les points N, **n**, B, **b** et les lentilles PD et **pd**.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



EN ad BX, quia æquales inter ſe **en** et EN itemque **bx** et BX. Ergo rationes VE ad EZ, et **ve** ad **ez** ex ijſdem rationibus componuntur, eoque inter ſe æquales ſunt; ac proinde et apparentes magnitudines lineolæ BX, vel **bx**.

Porro poſitis aperturis PD, **pd** in eadem ratione quæ eſt foci diſtantiarum PO, **po**, hoc eſt quæ rectarum PB, **pb**, apparet eandem radiorum quantitatem ex punctis ſingulis B et **b**, rei viſæ, microſcopio utroque hauriri; ac proinde et à tota ipſarum ſuperficie. Quæ lux cum utrobique æqualibus in oculo imaginibus impendatur, ſequitur harum claritatem æqualem fieri.

Denique angulum aberrationis a diffuſione radij minorem eſſe in breviori microſcopio facile quoque oſtenditur. Si enim aberrationes iſtæ ſint BF, **bf** radiorum ex N et **n** venientium, facile intelligitur [1]) eas fore inter ſe ſicut diſtantiæ BP, **bp**; quam eandem rationem quoque habent aperturæ ſive earum dimidiæ PD, **pd**. Unde junctis FD, **fd**, apparet triangula ſimilia fieri BDF, **bdf**. eorumque angulos ad D et **d** æquales. Cum igitur radij ND, **nd**, refractione lentium PD, **pd** ita diſſipentur, ut DB, **db** rubrum colorem deferant; DF, **df** vero violaceum, ac proinde viciſſim violacei FD, **fd** abirent in DN, **dn**; fiet ut qui in radijs BD, **bd** violacei continentur, abeant in DM, **dm**, ita ut anguli MDN, **mdn** ſint æquales angulis BDF, **bdf** *. Hi autem duo inter ſe æquales ſunt, ergo * [Prop. VI.] [2])
etiam æquales anguli MDN, **mdn**. Cumque PN ſit major quam **pn** (ſunt enim inter ſe ut foci diſtantiæ PO, **po**) ſi ducantur axi perpendiculares NK, **nk**, rectis DM, **dm**, occurrentes, erit major NK quam **nk**; et junctis NM, **nm**, itemque KE, **ke**, quia æquales ſunt NE, **ne**, erit ang. **nek** minor quam NEK, ideoque et **nmk** minor quam NMK, quia hi ſinguli iſtis ſingulis æquales cenſentur. Quod ſi porro ponatur puncta G, **g** eſſe focos radiorum violaceorum qui axi paralleli in lentes EZ, **ez** incidunt, ſicut rubrorum ſunt foci N et **n**; (nam per rubrorum radiorum concurſum ſemper foci diſtantias definimus) ſequetur jam, ſi violacei per GM, **gm** ferantur eos axi parallelos evaſuros, puta in MR, **mr**, ac proinde violaceos DM, **dm**, poſt refractionem non fore axi parallelos, ſed ita introrſum declinaturos ut anguli RMS, **rms** ſiant æquales angulis GMK, **gmk**. Quia autem æquales ſunt EN, **en**, minor

[2]) Voir la p. 475 du Tome présent.

rms deviendront égaux aux angles GMK et **gmk**. D'ailleurs, comme EN et **en** ſont égales, tandis que **em** eſt plus petite que EM, comme nous le montrerons bientôt, on aura que, dans le cas de l'aberration qui provient de la forme des lentilles, **gn** ſera plus petite que GN [1]), mais que dans celui de l'autre aberration ces deux longueurs ſeront égales. Par conſéquent, l'angle **nmg** ſera toujours plus petit que l'angle NMG. Mais l'angle **nmk** était, lui auſſi, plus petit que NMK, par conſéquent l'angle entier **gmk** eſt plus petit que GMK. Or, l'angle **rms** était égal à l'angle **gmk**, et l'angle RMS à l'angle GMK; par conſéquent, **rms** eſt plus petit que RMS. Mais c'eſt de ces angles que dépend l'aberration à l'intérieur de l'oeil comme nous l'avons démontré lorsque nous nous occupions des ouvertures des téleſcopes [2]). L'aberration ſera donc plus petite dans le microſcope plus court que dans le plus long; ce qu'il fallait démontrer en troiſième lieu.

On peut ajouter que le rapport de ces deux aberrations ſera à-peu-près égal à celui des droites NK et **nk**, c'eſt-à-dire à celui des diſtances focales PO et **po**, en tant que les angles NMG et **nmg** ſont négligeables à cauſe de leur petiteſſe [3]).

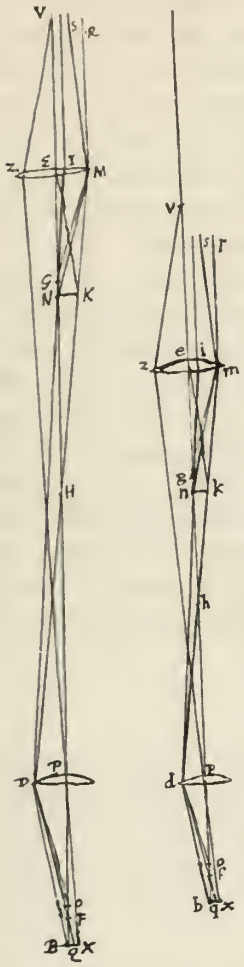
Quant à notre affirmation, d'après laquelle **em** eſt plus petite que EM, elle peut être démontrée comme ſuit. Suppoſons qu'en H et **h** ſe trouvent les points où les droites DM et **dm** coupent les axes. On conclut aiſément de ce qui a été expoſé plus haut que les angles NDP et **ndp** d'une part, HDP et **hdp** d'autre part ſont égaux; et comme **dp** eſt plus petite que DP, **ph** ſera auſſi inférieure à PH. Et dans la même proportion **hn** ſera inférieure à HN. Mais **ne** eſt égale à

---

[1]) Voir la Prop. VII, Part. II, p. 309. Mais il pourrait sembler que le traitement de l'aberration sphérique est incomplet, puisque l'aberration sphérique due à l'objectif n'est pas mentionnée. La cause en est que les raisonnements qui précèdent et qui amèneront pour l'aberration chromatique la relation $\angle$**nmk** $<$ $\angle$NMK étaient dans l'esprit de Huygens également applicables à l'aberration sphérique. Pour le comprendre on doit savoir que Huygens va traiter dès ici cette dernière aberration d'une manière absolument différente de celle qu'il avait suivie auparavant dans les „Rejecta". Nous voulons dire qu'il va remplacer la considération des „cercles d'aberration" (voir la note 3 de la p. 315) par celle de l'„angle d'aberration" et c'est même probablement pendant la rédaction du texte présent qu'il s'est décidé à introduire cette nouvelle méthode qui lui était suggérée sans doute par la méthode analogue suivie dans le traitemenr de l'aberration chromatique. En effet, on trouve en marge du texte l'annotation suivante: „in theoremate de aberrationibus ex figura, dicendum non circellorum aberrationis diametros sed angulos aberrationis esse ut quadrata aperturarum." Or. il est évident que le théorème en question n'est autre que la Prop. VIII, Part. II, p. 315 et que cette annotation indiquait l'intention de réviser cette partie de sa Dioptrique par l'introduction de la notion nouvelle. Mais il est vrai que l'annotation fut biffée plus tard.

Voyons maintenant ce que signifie, ici et dans la suite, cette notion d'„angle d'aberration" appliquée à l'aberration sphérique. Considérons à cet effet dans la Fig. 38 le rayon BD qui passe par le bord de la lentille DP. Par suite de l'aberration sphérique il ne se rendra pas, après la réfraction, au point N, correspondant au point B par rapport à cette lentille,

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



vero **em** quam EM, ut mox oſtendemus, erit in aberratione quæ ex figura oritur, minor **gn** quam GN [1]), in altera vero aberratione hæ erunt æquales. Itaque ſemper angulus **nmg** minor quam NMG. Erat autem et **nmk** minor quam NMK, ergo totus **gmk** minor quam GMK. Atqui angulo **gmk** æqualis erat **rms**, et angulo GMK æqualis RMS. Ergo et **rms** minor quam RMS; ab his vero angulis pendet aberratio intra oculum uti oſtenſum fuit cum de teleſcopiorum aperturis ageremus [2]). Ergo minor hæc erit breviori huic quam longiori microſcopio; quod tertio loco erat demonſtrandum.

Cæterum eadem fere proportione ſeſe ſuperabunt, qua rectæ NK, **nk**, hoc eſt, qua foci diſtantiæ PO, **po**, quatenus anguli NMG, **nmg**, ob parvitatem negligi poſſunt [3]).

Quod autem dictum fuit minorem eſſe **em** quam EM, ſic oſtendetur. Sint puncta quibus rectæ DM, **dm** axes interſecant ad H, **h**. Facile itaque ex ſuperius expoſitis intelligitur tam angulos NDP, **ndp**, quam HDP, **hdp** eſſe æquales; cumque minor ſit **dp** quam DP, erit et **ph** minor quam PH. Eademque proportione **hn** minor quam HN. Sed

mais il suivra la route DHKM pour prendre enfin la direction MS. Au contraire le rayon partant de B qui suivra l'axe du système optique, conservera la direction de cet axe, c'est-à-dire qu'en sortant de la lentille E il sera parallèle à la droite RM. Si donc on suppose que l'oeil ne possède pas d'aberration sphérique, la distance entre les points où ces deux rayons atteignent la rétine sera proportionnelle à l'angle SMR qui n'est autre que l'angle d'aberration dont il s'agit. Toutefois, pour le calculer, on le remplace par un autre angle qui lui est égal et qu'on trouve comme il suit: considérons un rayon SM, on sait alors qu'il prendra, après la réfraction par la lentille E, la direction MK; de l'autre côté le rayon RM sera dirigé vers un point G situé de telle manière que GN représente l'aberration sphérique de ce rayon. On aura donc d'après la Prop. VI, p. 475, $\angle SMR = \angle GMK$. Il est vrai qu'en général, comme Huygens le remarque dans l'alinéa qui suit, l'angle GMN peut être négligé par rapport à l'angle NMK, lequel peut donc, comme Huygens le fera plus loin, être considéré comme l'angle de l'aberration sphérique du microscope; mais dans le cas présent il n'est pas nécessaire de recourir à cette approximation, puisque, comme il est prouvé dans le texte, $\angle$**gmn** $<$ $\angle$GMN et que de même $\angle$**nmk** $<$ $\angle$NMK, **nk** étant plus petit que NK par suite de la similitude indiquée dans la note 1, p. 538. Consultez encore la note 1, p. 542 qui suit.

[2]) Voir la p. 491 où il est montré successivement comment l'aberration chromatique dépend des angles NKM, DKL, KDE de la figure 25, le dernier de ces angles correspondant à l'angle RMS de la figure 38.

[3]) Consultez sur le rapport qui existe entre les angles NMG et NMK la note 4 de la p. 555.

NE. Par conſéquent, **he** eſt plus petite que HE. Et comme les angles **ehm** et EHM ſont égaux, **em** ſera plus petite que EM, ce qui reſtait à démontrer.

Or, comme la netteté de l'image ſe trouve être plus grande dans le plus court des microſcopes, et que la clarté eſt la même dans ces deux inſtruments, il s'enſuit que l'ouverture de la lentille **pd** peut être augmentée quelque peu juſqu'à ce que l'angle d'aberration **rms** devient égal à l'angle RMS, et qu'ainſi, le reſte étant le même, le microſcope plus court donnera des images plus lumineuſes.

Il y a donc ici une progreſſion infinie de clarté [1]). En effet, la clarté devient d'autant plus grande que la petite lentille **pd** conſidérée eſt plus forte.

La largeur auprès de la pupille, dont nous avons parlé plus haut [2]), n'y fera pas d'obſtacle; au contraire, dans les microſcopes plus courts cette largeur augmentera auſſi. En effet, ſi l'on prend d'abord, comme ci-devant, les ouvertures proportionnelles aux diſtances focales, et ſi l'on prolonge les droites DN et **dn** juſqu'à ce qu'elles coupent les lentilles EZ et **ez** aux points I et **i**, EI et **ei** feront les demi-largeurs auprès de la pupille, parce qu'à partir des points I et **i** les rayons qui ont ſuivi les chemins BD, DI et **bd**, **di**, tendront parallèlement vers la pupille. Mais ces longueurs EI et **ei** feront évidemment égales, parce que les diſtances focales NE et **ne** ſont égales, ainſi que les angles ENI et **eni**; en effet, les angles DNP et **dnp**, oppoſés à ces derniers, ſont égaux. Mais ſi l'ouverture **pd** devient plus large, il apparaît que **ei** deviendra auſſi plus grande que EI [3]).

Proposition XV.

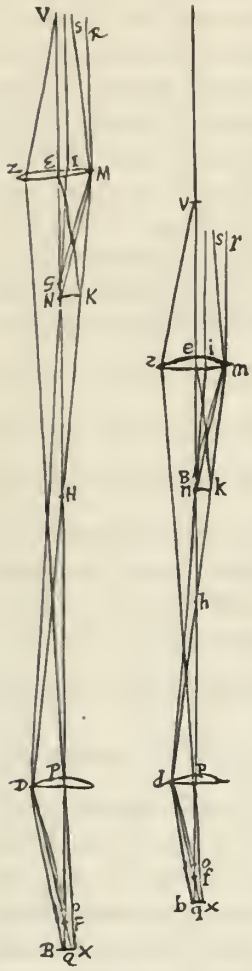
Après avoir expliqué ceci nous examinerons enſuite comment on peut rendre les microſcopes plus courts et plus groſſiſſants, en conſervant la même clarté et la même netteté, ainſi que la même largeur auprès de la pupille, qu'on trouve dans un microſcope donné et auſſi la même valeur du rapport BP : PN [4]).

Dans cet examen nous traiterons ſéparément l'aberration qui réſulte de la diſperſion du rayon et celle qui provient de la ſphéricité de la figure et en premier lieu celle provenant de la diſperſion.

---

[1]) Primitivement cette phrase se terminait par les mots „quatenus unam hanc, quæ ex radij dissipatione fit aberrationem respiciam. Quia tunc rursus breviori telescopio jam invento aliud brevius reperiri poterit". Il est donc évident que dans sa première rédaction toute cette partie du texte ne visait qu'au traitement de l'aberration chromatique; ce qui explique la manière sommaire et incomplète dont l'autre aberration y fut introduite plus tard. En effet, la seule phrase qui la regarde: „erit in aberratione, quæ ex figura oritur minor **gn** quam GN, in altera vero aberratione hæ erunt æquales" (p. 541) fut ajoutée en marge à la rédaction primitive où l'on lisait comme il suit le passage en

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



ne eſt æqualis NE. Ergo **he** minor quam HE. Et quia anguli æquales **ehm**, EHM erit **em** minor quam EM, quod oſtendendum ſupererat.

Cum autem magis diſtincta viſio breviori hoc microſcopio obtingat quam longiori, ſitque claritas in utroque eadem, ſequitur aperturam lentis **pd** aliquantum augeri poſſe, donec aberrationis angulus **rms** fiat æqualis RMS, atque ita cæteris paribus, clarius fieri brevius microſcopium.

Eſt ergo progreſſus claritatis hic infinitus [1]), quippe quæ eo magis augetur quo acutior ponetur lenticula **pd**.

Neque vero obſtabit Latitudo ad Pupillam ſuperius explicata [2]). ſed contra hæc quoque in brevioribus augebitur. Primum enim poſitis ut ante aperturis proportionalibus ad foci diſtantias, productiſque rectis DN, **dn**, donec lentibus, EZ **ez**, occurrant in punctis I, **i**. Erunt EI, **ei**, latitudines ad pupillam dimidiæ, quia à punctis I, **i** radij ad pupillam paralleli pergunt per BD, DI et **bd**, **di**, advenientes, quas quidem EI, **ei** æquales eſſe conſtat, quia æquales ſunt foci diſtantiæ NE, **ne**, itemque æquales anguli ENI, **eni**; quia nempe ipſis oppoſiti DNP, **dnp** ſunt æquales. Quod ſi jam igitur latior fiat apertura **pd**, apparet et **ei** majorem fieri quam EI [3]).

[Propositio XV.]

His explicatis inquiremus jam porro quomodo ſervata eadem claritate et diſtinctione, itemque latitudine ad pupillam quæ eſt in microſcopio dato, nec non ratione BP ad PN, breviora fieri poſſint, quaeque ſimul res viſas magis amplificent [4]).

Qua in re aberrationes quæ ex diſſipatione radij, quæque ex figura ſphærica oriuntur, ſeorſim adhibebimus, et prius illam, quæ ex diſſipatione.

---

question: „Quia autem æquales sunt GN, **gn**, major autem EM quam **em**, ut mox ostendemus, erit ang. NMG major quam **nmg**."

[2]) Voir la p. 533.

[3]) On trouve encore en marge: „nihil obstare quoque perfectæ visionis profunditatem." Voir le § 10 de l'Appendice X, p. 687.

[4]) Voir pour l'avant-projet de ce qui se rapporte à cette proposition la première Partie du § 11 de l'Appendice IX à commencer par le dernier alinéa de la p. 645.

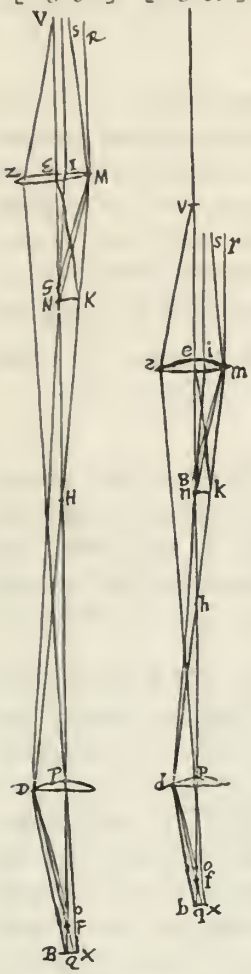
Suppofons de nouveau que nous ayons affaire à deux microfcopes [Fig. 38 et 39] et que tout foit comme dans le cas de la propofition précédente, à cela près que, dans le plus petit, le rapport de **pb** à la demi-ouverture **pd** foit inconnu, ainfi que la diftance focale **ne** de la lentille oculaire. Mais tout le refte fera conftruit comme auparavant. Soit en outre dans le plus grand microfcope la diftance PB $= b$, c'eft-à-dire celle de la petite lentille P à l'objet; de plus PN $= c$, NE $= d$, PD (largeur de la demi-ouverture) $= a$; BX (longueur de l'objet) $= h$, NK $= n$. Suppofons toutefois que les diftances PN et PB des points conjugués foient entre elles dans un rapport plus grand que de 6 ou 7 à 1, et que la diftance focale EN foit plus grande que la diftance focale PO, comme on a coutume, et à bon droit [1]), d'arranger les chofes dans les microfcopes de ce genre. Mais dans le plus petit microfcope prenons la diftance **pb** $= f$, et **pd** (la demi-ouverture cherchée) $= x$. On aura **pn** $= \frac{cf}{b}$, puifque nous prenons proportionnelles entre elles les grandeurs PB, PN; **bp**, **pn**. Or, fi l'on avait eu BP : PD $=$ **bp** : **pd**, il apparaît que l'on aurait **pd** $= \frac{fa}{b}$, et que l'angle d'aberration **bdq** [2]) du rayon venant du point **n** et tombant fur la lentille **p** ferait égal à l'angle d'aberration BDQ du rayon venant du point N et tombant fur la lentille P, parce qu'ici, comme dans le cas de la propofition précédente, NP : **np** $=$ PB : **pb** et que le rapport des diftances focales PO : **po** a auffi la même valeur. Mais maintenant, puifque je pofe la demi-ouverture **pd** $= x$ et non pas $= \frac{fa}{b}$, l'angle BDQ fera à l'angle **bdq** comme $\frac{fa}{b}$ eft à x. En effet, d'après la loi de l'aberration que nous confidérons ici, **bq** a toujours le même rapport à **pd** [3]); par conféquent, l'angle **bdq** eft cenfé croître ou diminuer proportionnellement à l'ouverture **pd**. D'autre part, fi les angles NDK et **ndk** étaient égaux, le rapport NK : **nk** ferait jugé égal au rapport PN : **pn**. Mais maintenant le rapport NK : **nk** fera confidéré comme compofé du rapport PN : **pn** et du rapport des angles NDK et **ndk**, en d'autres termes du rapport PB : **pb** ou $b : f$, et du rapport des angles BDQ et **bdq** [4]), lequel, comme nous l'avons dit, eft égal à celui des grandeurs $\frac{fa}{b}$ et x. Par conféquent, le rapport

[1]) Comparez la note 7 de la p. 527.

[2]) Le point **q** est, par conséquent, le point d'intersection des lignes **df** et **bx**.

[3]) Voir la p. 485, où il est montré que le diamètre GF (Fig. 23) du cercle d'aberration est toujours dans un rapport constant avec le diamètre AB de l'ouverture de la lentille. Toutefois on doit remarquer qu'au lieu cité il s'agit de l'aberration près du foyer, tandis qu'ici on a affaire à l'aberration latérale auprès d'un point arbitraire; mais il est très facile de prouver que cette extension est permise. À cet effet il suffit de considérer les points E et D de la figure

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



Ponantur bina rurſus microſcopia [Fig. 38 et 39], atque omnia eadem quæ propoſ. præcedenti, niſi quod incerta ſit, in minori, ratio **pb** ad ſemiaperturam **pd**; itemque incerta lentis ocularis ſoci diſtantia **ne**. cætera vero omnia eodem modo conſtruantur. Porro in majori microſcopio diſtantia PB ſit ∞ b, quâ nempe lenticula P abeſt à viſibili. PN ∞ c; NE ∞ d. ſemiaperturæ latitudo PD ∞ a. BX longitudo rei viſæ ∞ h, NK ∞ n. Ponamus autem diſtantias punctorum conjugatorum PN ad PB eſſe in ratione majori quam 6 vel 7 ad 1, et foci diſtantiam EN majorem eſſe foci diſtantiâ PO. quemadmodum hæc in hujuſmodi microſcopijs rectè [1]) ſtatui ſolent. at in minori microſcopio aſſumatur diſtantia **pb** ∞ f; ſemiapertura quæſita **pd** ∞ x. Erit autem **pn** ∞ $\frac{cf}{b}$ quia proportionales ponimus PB, PN; **bp**, **pn**. Quod ſi fuiſſet ut BP ad PD ita **bp** ad **pd**, apparet futuram **pd** ∞ $\frac{fa}{b}$, et angulum aberrationis **bdq** [2]), radij ex **n** venientis in lentem **p**, æqualem futurum angulo aberrationis BDQ radij ex N venientis in lentem P: quia ſicut prop. præcedenti ita hic quoque ut NP ad **np**, ita PB ad **pb**, et ita quoque foci diſtantia PO ad **po**. Nunc vero quia ſemi-apertu-ram **pd** pono ∞ x, non autem ∞ $\frac{fa}{b}$, erit ut $\frac{fa}{b}$ ad x ita angulus BDQ ad angulum **bdq**. Semper enim, ex lege aberrationis quam hic conſideramus, **bq** ad **pd** eandem rationem ſervat [3]), ac proinde quoque cenſetur angulus **bdq** proportionaliter creſcere aut minui cum apertura **pd**. Rurſus ſi æquales eſſent anguli NDK, **ndk**, cenſeretur eſſe NK ad **nk** ut PN ad **pn**, nunc vero ratio NK ad **nk** componi cenſebitur ex rationibus PN ad **pn**, et ea quæ anguli NDK ad **ndk**. hoc eſt ex rationibus PB ad **pb**, ſeu b ad f, et anguli BDQ ad **bdq** [4]), quam diximus eſſe eandem quæ $\frac{fa}{b}$ ad x; ac proinde ratio NK ad **nk** erit quæ rectanguli fa ad

23 de la p. 485 comme les points correspondant au point N respectivement pour les rayons violets et les rayons rouges et de remarquer que, si l'on n'a égard qu'à l'aberration chromatique. la situation de ces points est indépendante de la largeur AB de la lentille.

Comparez encore la Prop. XVI, p. 553, où la même question est traitée autrement, c'est-à-dire à l'aide du lemme 1 de la p. 551.

[4]) Puisqu'on a ∠NDK ou ∠NDM = ∠BDQ ou ∠BDF, comme il a été montré à la p. 539, et de même ∠**ndk** = ∠**bdq**.

NK : **nk** ſera égal à celui des rectangles fa et fx, ou bien à $a : x$. Et comme NK $= n$, on aura **nk** $= \frac{nx}{a}$.

Pour que, en premier lieu, l'angle d'aberration à l'intérieur de l'oeil devînt égal dans les deux cas, les angles KMG et **kmg** devraient être égaux, ce que l'on peut conclure de ce qui a été dit plus haut [1]). Mais au lieu de ceux-ci nous admettrons que les angles KMN et **kmn** doivent être égaux, où l'on néglige les accroiſſements NMG et **nmg**, attendu qu'ils ſont fort petits en comparaiſon de ces angles eux-mêmes, comme cela apparaîtra dans la deſcription et dans le calcul, qui ſuit, de notre microſcope [2]). Comme donc NK eſt à NM ou NE, c'eſt-à-dire comme n eſt à d, ainſi ſera approximativement **nk** ou $\frac{nx}{a}$ à **nm** ou **ne**, laquelle eſt donc égale à $\frac{dx}{a}$.

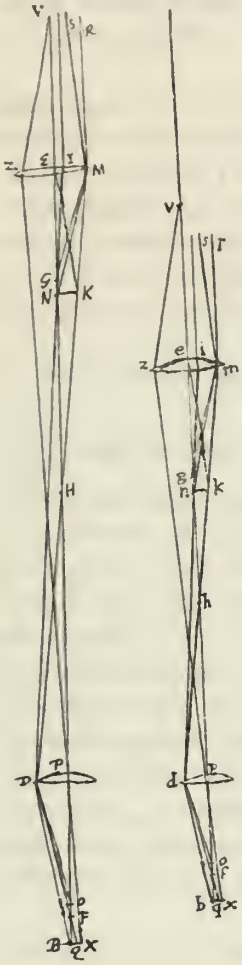
Enſuite, comme la même longueur, celle des petites lignes BX, **bx**, eſt vue dans le microſcope donné ſous l'angle EVZ, et dans l'autre ſous l'angle **evz**, l'angle PBD doit être à l'angle **pbd** comme l'angle EVZ eſt à l'angle **evz**. En effet, de cette façon la quantité de lumière qui entre dans chacun des deux microſcopes ſera proportionnelle à la grandeur apparente; et par ſuite la clarté ſera pour chacun d'eux la même.

Par conſéquent, en permutant, on aura auſſi que l'angle EVZ eſt à PBD comme **evz** eſt à **pbd**. Or, le rapport des angles EVZ et PBD eſt compoſé des rapports EVZ : EPZ (ou BPX) et BPX : PBD; leſquels ſont ici conſidérés comme égaux reſpectivement à PE : EV, ou bien (à cauſe de la proportion formée par les trois grandeurs PN, PE et PV) PN : NE et BX : PD, en d'autres termes à $c : d$ et $h : a$; l'angle EVZ ſera donc à l'angle PBD comme ch eſt à da. C'eſt pourquoi l'angle **evz** aura à l'angle **pbd** ce même rapport. Mais le rapport de l'angle **evz** à l'angle **pbd** eſt compoſé des rapports des angles **evz** et **epz** (ou **bpx**) et des angles **bpx** et **pbd**, lesquels rapports ſont conſidérés ici comme égaux reſpectivement à **pe** : **ev**, ou **pn** : **ne**, et **bx** : **pd**, en d'autres termes à $\frac{cf}{b} : \frac{dx}{a}$ et $h : x$; il s'enſuit que le rapport compoſé de $\frac{cf}{b} : \frac{dx}{a}$ et de $h : x$, en d'autres termes le rapport $\frac{cfh}{b} : \frac{dxx}{a}$, ſera égal au rapport $ch : da$. On en tire $xx = \frac{aaf}{b}$ et $x = a\sqrt{\frac{f}{b}}$.

On trouve donc ici, comme chez les téleſcopes [3]), que lorſque la clarté reſte la même ainſi que l'aberration provenant de la diſperſion, les ouvertures des len-

[1]) Voir la p. 539 où il est montré que les angles GMK et **gmk** sont égaux aux angles RMS et **rms** dont dépend l'aberration.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



rectang. fx ſeu quæ a ad x. cumque NK ſit ∞ n, erit **nk** ∞ $\frac{nx}{a}$.

Jam quo aberrationis angulus utrobique intra oculum æqualis fiat, deberent eſſe æquales anguli KMG, **kmg**; ut ex ſuperioribus intelligi poteſt [1]). Sed pro his ponemus æquales eſſe debere angulos KMN, **kmn**, neglectis acceſſionibus angulorum NMG, **nmg**; quia minimi ſunt illorum reſpectu, ut apparebit in deſcriptione et calculo ſequenti microſcopij noſtri [2]). Sicut igitur NK ad NM ſeu NE, hoc eſt ſicut n ad d, ita cenſebitur eſſe **nk**, hoc eſt $\frac{nx}{a}$ ad **nm** ſeu **ne**, quæ itaque ∞ $\frac{dx}{a}$.

Jam porro quia eadem longitudo lineolarum BX, **bx**, in dato quidem microſcopio ſpectatur angulo EVZ, in altero autem percipitur angulo **evz**; debet eſſe ut angulus EVZ ad **evz** ita PBD ad **pbd**; ſic enim lux hauſta utroque microſcopio erit ut apparens magnitudo; ac proinde eadem utrique claritas.

Itaque permutando etiam erit angulus EVZ ad PBD ut **evz** ad **pbd**. anguli autem EVZ ad PBD ratio componitur ex rationibus EVZ ad EPZ ſive BPX, et BPX ad PBD; quæ cenſentur hic eædem ac PE ad EV, ſive (ob proportionales PN, PE, PV) PN ad NE, et BX ad PD. hoc eſt, eædem quæ c ad d, et h ad a; ac proinde erit angulus EVZ ad PBD ut ch ad da. quare et angulus **evz** ad **pbd** hanc eandem habebit rationem. Atqui ratio anguli **evz** ad **pbd**, componitur ex rationibus ang. **evz** ad **epz**, ſive **bpx**, et **bpx** ad **pbd**; quæ cenſentur hic eædem ac **pe** ad **ev**, ſive **pn** ad **ne**, et **bx** ad **pd**. hoc eſt eædem quæ $\frac{cf}{b}$ ad $\frac{dx}{a}$, et h ad x. ac proinde ratio compoſita ex $\frac{cf}{b}$ ad $\frac{dx}{a}$ et h ad x, hoc eſt ratio $\frac{cfh}{b}$ ad $\frac{dxx}{a}$, erit eadem quæ ch ad da. Unde fit xx ∞ $\frac{aaf}{b}$; et x ∞ $a\sqrt{\frac{f}{b}}$.

Invenitur itaque hic, ſicut in Teleſcopijs [3]), ut ſi maneat eadem claritas eademque aberratio ex diſſipatione, prodeant aperturæ lentium quæ rei viſæ obvertuntur,

---

[2]) Voir la Prop. XVI, p. 553. Ajoutons qu'on lisait primitivement au lieu de la dernière partie de cette phrase: „ac tantum ut 1 ad 31 circiter in nostro microscopio quod paulo post describemus."

[3]) Comparez l'alinéa qui commence par les dernières lignes de la p. 487.

tilles qui se trouvent du côté de l'objet sont proportionnelles aux racines carrées des distances focales, car comme $\sqrt{b}$ est à $\sqrt{f}$ ainsi le demi-diamètre a de l'ouverture est ici à x. Or, b et f sont proportionnelles aux distances focales PO et **po**.

Ensuite comme, d'après ce que nous avons dit, l'angle DBP est à l'angle **dbp** dans un rapport égal à celui des grandeurs apparentes correspondant aux deux microscopes, c'est-à-dire à celui des angles ZVE et **zve**, il s'ensuit que si l'on veut que le grossissement soit deux fois plus grand dans le microscope composé des lentilles **e** et **p** que dans l'autre, l'angle **dbp** doit être deux fois plus grand que l'angle DBP, afin que la clarté demeure la même pour l'un et pour l'autre. Il en résulte encore, puisque BP : PD $= b : a$, que l'on aura **bp** : **pd** $\left(\text{c'est-à-dire } f : a\sqrt{\frac{f}{b}}\right) = b : 2a$. On aura donc $f = \frac{1}{4}b$ et, par suite, x $\left(\text{ou } \sqrt{\frac{aaf}{b}}\right) = \frac{1}{2}a$. Et la distance focale **ne**, qui était $\frac{dx}{a}$, devient égale à $\frac{1}{2}d$.

Supposons donc un microscope tel que le nôtre, dans lequel la distance focale PO de la petite lentille est de $\frac{7}{10}$ pouce, celle EN de la lentille oculaire $= 2$, la distance NP $= 7$ pouces, et par conséquent la distance PB de l'objet $= \frac{7}{9}$ pouce d'après la proposition XX, Part. I, Liv. I [2]), attendu que les points N et B sont conjugués entre eux par rapport à la lentille P. On a encore EV (distance de l'oeil à la lentille E) $= \frac{18}{7}$, parce que les points P et V sont conjugués entre eux par rapport à cette lentille. De même PD, le demi-diamètre de l'ouverture, est égal à $\frac{1}{20}$. Ceci étant supposé, on construira à l'aide de ce microscope un autre grossissant les objets deux fois plus, la clarté et la netteté demeurant les mêmes, pour lequel on aura **po** $= \frac{7}{40}$, **en** $= 1$, la distance **np** $= \frac{7}{4}$, **pb** $= \frac{7}{36}$, **ev** $= \frac{11}{7}$, **pd** $= \frac{1}{40}$, et dont la longueur totale **vb** est donc de $4\frac{1}{2}$ pouces environ, tandis que VB, la longueur du nôtre, est de $12\frac{1}{3}$ pouces environ, c'est-à-dire trois fois plus grande.

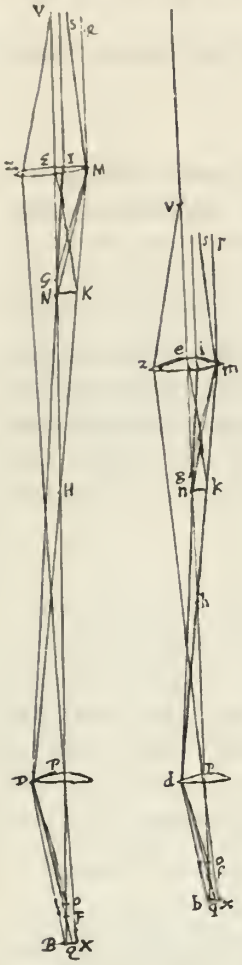
Or, dans notre microscope le grossissement linéaire est de 36 : 1, c'est-à-dire que, d'après ce que nous avons dit à la proposition. XII [3]), la largeur de l'objet paraîtra dans cette mesure plus grande que lorsqu'on le considérerait à l'oeil nu à une distance de 8 pouces; parce que, comme cela a été démontré à l'endroit cité, ce rapport est composé du rapport PN : NE et de celui de la longueur de 8 pouces à PB, c'est-à-dire, des rapports 7 : 2 et 8 : $\frac{7}{9}$, lesquels produisent le rapport 36 : 1.

Cependant nous démontrerons que la largeur auprès de la pupille, dont nous avons parlé plus haut [4]), est la même chez les deux microscopes. En effet, dans le plus grand on a NP (ou c) : PD (ou a) $=$ NE (ou d) : EI; EI, la largeur

[1]) Lisez plutôt : „sunt autem ut b ad f ita foci distantiæ PO ad **po**."

[2]) Voir la p. 99.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



in ſubduplicata ratione foci diſtantiarum. nam ut $\sqrt{b}$ ad $\sqrt{f}$, ita hic aperturæ ſemidiameter a ad x. Sunt autem b et f foci diſtantiæ PO et **po** [1]).

Porro quoniam, ſicut magnitudines apparentes in utroque microſcopio, hoc eſt ſicut angulus ZVE ad **zve**, ita diximus eſſe angulum DBP ad **dbp**, ſequitur ſi multiplicatio duplo major poſtuletur in microſcopio ex lentibus **e** et **p** compoſito quam in altero; debere angulum **dbp** duplo majorem eſſe quam DBP, ut eadem in utroque ſervetur claritas. Ac proinde cum BP ſit ad PD, ut b ad a, fore **bp** ad **pd**, hoc eſt f ad $a\sqrt{\frac{f}{b}}$ ut b ad $2a$. Unde ſit $f \infty \frac{1}{4}b$, atque hinc x ſive $\sqrt{\frac{aaf}{b}} \infty \frac{1}{2}a$. Et foci diſtantia **ne**, quæ erat $\frac{dx}{a}$, $\infty \frac{1}{2}d$.

Sic, poſito microſcopio quale eſt noſtrum, in quo lenticulæ foci diſtantia PO eſt $\frac{7}{10}$ partium qualium pollex eſt 1, lentis ocularis foci diſtantia EN ∞ 2, diſtantia NP ∞ 7; ac proinde diſtantia rei viſæ PB $\infty \frac{7}{9}$, ex propoſ. [XX, Part. I, Lib. I] [2]), quia nempe ad lentem P conjugata ſunt puncta N et B. Item EV $\infty \frac{18}{7}$, diſtantia nempe oculi a lente E, quia ad eam conjugata ſunt puncta P et V. Item ſemidiameter aperturæ PD $\infty \frac{1}{20}$. His inquam poſitis, fiet hinc aliud duplo magis res viſas amplians microſcopium ſervata eadem claritate ac diſtinctione, in quo **po** erit $\frac{7}{40}$; **en** ∞ 1; diſtantia **np** $\infty \frac{7}{4}$; **pb** $\infty \frac{7}{36}$; **ev** $\infty \frac{11}{7}$; **pd** $\infty \frac{1}{40}$. Cujus itaque longitudo tota **vb** circiter $4\frac{1}{2}$ pollicum cum noſtri longitudo VB ſit circiter $12\frac{1}{3}$ poll. eoque fere triplo major.

Eſt autem in noſtro amplificatio ratione diametri, ea quæ 36 ad 1, ut nempe ſecundum ea, quæ propoſ. [XII] [3]) diximus, tanto auctior appareat rei viſæ latitudo quam ſi ab octo pollicum diſtantia nudo oculo ſpectaretur; quoniam, ut ibi oſtenſum fuit, proportio hæc componitur ex rationibus PN ad NE, et ea quæ longitudinis 8 poll. ad PB, hoc eſt, ex rationibus 7 ad 2 et 8 ad $\frac{7}{9}$, quæ efficiunt rationem 36 ad 1.

Latitudo autem ad pupillam, de qua in ſuperioribus [4]), in utroque microſcopio eadem eſſe probatur. Quia cum in majore ſit ut NP ∞ c ad PD ∞ a ita

[3]) Voir la p. 529.
[4]) Voir la p. 533.

auprès de la pupille, ſera donc égale à $\frac{ad}{c}$. Et de même, dans le plus petit, puiſque **np** $\left(\text{ou } \frac{cf}{b}\right)$: **pd** $\left(\text{ou } a\sqrt{\frac{f}{b}}\right)$ = **ne** $\left(\text{ou } d\sqrt{\frac{f}{b}}\right)$: **ei**, on trouve que **ei** a également la valeur $\frac{ad}{c}$.

Ces conſidérations ſeront juſtes s'il eſt permis de ne tenir compte que de l'aberration réſultant de la diſperſion, et il y aura pour ainſi dire une progreſſion infinie à des microſcopes plus puiſſants, puiſqu'on peut poſer f : : $a\sqrt{\frac{f}{b}}$ comme b eſt à une autre grandeur quelconque [1]). Mais, en vérité, il faut examiner ſi l'autre aberration, celle qui provient de la forme des lentilles, ne peut pas déranger plus ou moins ces concluſions. À cet effet, il eſt néceſſaire que nous commencions par ſoumettre au calcul chacun des deux angles d'aberration dans notre microſcope dont nous venons de parler et où, comme nous le ſavons, ni l'une ni l'autre aberration n'eſt encore nuiſible [2]). Mais nous voulons d'abord démontrer le lemme ſuivant:

Lemme 1 [3]).

Soit NPB [Fig. 40] l'axe, O le foyer d'une lentille convexe PD; SD un rayon parallèle à l'axe, lequel envoie donc, après avoir été diſperſé par la réfraction, un rayon rouge ſelon DO; ſuppoſons en outre que le rayon violet extrême coupe l'axe au

---

[1]) C'est-à-dire $f : a\sqrt{\frac{f}{b}}$ comme b à ka, où la grandeur arbitraire ka remplace le terme $2a$ de la proportion qu'on trouve à la p. 549. D'ailleurs la dernière partie de cette phrase fut ajoutée après coup et probablement un peu à la hâte. Elle remplace les mots qui suivent: „quoniam ratio amplificationis seu $\sqrt{b}$ ad $\sqrt{f}$ quam hic posuimus ut 2 ad 1 potest quantumlibet major poni"; mais ces mots, qu'on trouve en marge, et qui furent biffés, remplaçaient déjà à leur tour une rédaction plus primitive, biffée de même, qui était comme il suit: „quoniam rursus ex illo $4\frac{1}{2}$ poll. aliud triplo brevius eodem modo reperitur quodque duplo magis etiam ampliet res visas, nec in caeteris omnibus quicquam deperdat."

Ajoutons que dans la note 4 de la p. 554 on trouvera indiquée une autre cause qui empêche la progression infinie, dont il est question, c'est-à-dire: l'accroissement, dans les microscopes plus courts, de l'angle NMG, qui a été négligé dans le raisonnement qui précède.

[2]) Primitivement le texte faisait suivre le calcul que voici, qui fut biffé et remplacé par celui

NE ∞ d ad EI, erit EI latitudo ad pupillam $\infty \frac{ad}{c}$. at in minore ſimiliter, quia ut **np**, hoc eſt $\frac{cf}{b}$, ad **pd**, hoc eſt $a\sqrt{\frac{f}{b}}$, ita **ne** ∞ $d\sqrt{\frac{f}{b}}$, ad **ei**, invenitur et hæc $\infty \frac{ad}{c}$.

Hæc itaque ſic ſe habebunt ſi tantum aberrationis ejus quæ ex diſſipatione ratio inеunda ſit. eritque progreſſio velut infinita ad majores microſcopiorum effectus obtinendos, quoniam poni poterat f ad $a\sqrt{\frac{f}{b}}$ ut b ad aliam quamlibet [1]). Sed verò examinandum eſt, an non altera aberratio quæ ex figura oboritur aliquid turbare poſſit. Quem in finem oportet ut utriuſque aberrationis angulum in noſtro illo quod diximus microſcopio, ubi neutram adhuc nocere ſcimus, primum calculo inveſtigemus [2]). Præmittimus vero Lemma hujuſmodi.

Lemma 1 [3]).

Sit lentis convexæ PD [Fig. 40] axis NPB. focus in O, radius axi parallelus SD, qui itaque ex refractione diſſipatus mittit radium rubrum in DO, ſed violaceum extremum ponamus convenire cum axe in R. Quod ſi jam a puncto in axe N, fera-

---

qu'on trouve à la Prop. XVI qui suit: „Est ibi, ut jam diximus PO ∞ $\frac{7}{10}$. PB ∞ $\frac{7}{9}$, quæ ſuperat PO tantum $\frac{1}{13}$ circiter. quamobrem aberratio FB ex dissipatione radij ND, recte censebitur $\frac{1}{50}$ PB, sicut aberratio radij axi paralleli esset $\frac{1}{50}$ BO; et BQ $\frac{1}{50}$ PD. Sed PD est $\frac{1}{20}$ poll. ergo BQ ∞ $\frac{1}{1000}$. Cumque sit ut PB ∞ $\frac{7}{9}$, ad PN ∞ ∞ 7, ita BQ ∞ $\frac{1}{1000}$ ad NK, erit NK ∞ $\frac{9}{1000}$. Sicut autem NM sive NE ∞ 2, ad NK ∞ $\frac{9}{1000}$, ita est radius tabularum 100000 ad 450 tangentem ang.i $15\frac{1}{2}$ scrup. primorum. Ergo NMK angulus aberrationis ex dissipatione in microſcopio nostro ſit $15\frac{1}{2}'$. Idemque erit in breviori illo pollicum $4\frac{1}{2}$, et omnibus deinceps diminutis, quia hæc conditio æqualis aberrationis in investigatione posita fuit."

Or, il est évident que Huygens au moment de finir ce calcul n'a pas été satisfait de la supposition que l'aberration FB du rayon ND pouvait être égalisée à celle d'un rayon parallèle à l'axe passant par le même point D. Et cette remarque faite, il lui était facile de trouver le lemme qui va suivre et qui, en effet, n'est qu'une conséquence presque immédiate de la Prop. VI de la p. 475. D'ailleurs, comme on va le voir, l'emploi de ce lemme apportera une modification assez sensible au résultat du calcul.

[3]) Consultez sur l'origine de ce lemme la note qui précède.

point R. Or, ſi du point N, ſitué ſur l'axe, part le rayon ND qui tombe ſur cette même lentille et qui, diſperſé par la réfraction, envoie ſon rayon rouge au point B et ſon rayon violet extrême au point F, je dis qu'on pourra conſidérer l'angle BDF comme égal à l'angle ODR; et la différence ſera d'autant plus faible que les ſurfaces de la lentille ſe couperont en D ſous un plus petit angle et que les points B et O ſeront moins éloignés l'un de l'autre.

En effet, comme le rayon rouge, contenu dans le rayon incident SD, continue ſa route ſuivant DO, tandis que le rayon rouge, contenu dans le rayon ND, prend le chemin DB, l'angle BDO ſera, d'après la propoſition VI [1]), à-peu-près égal à l'angle SDN. De la même façon, comme le rayon violet, contenu dans SD, continue ſa route ſuivant DR, et le rayon violet, contenu dans ND, ſuivant DF, l'angle FDR ſera, d'après la même propoſition VI, eſtimé égal à l'angle SDN. Par conſéquent, les angles BDO et FDR ſont auſſi conſidérés comme égaux entre eux, et lorſqu'on en retranche la partie commune FDO, les parties reſtantes BDF et ODR ſeront pareillement égales, et cela d'autant plus exactement que l'angle en D ſous lequel les deux ſurfaces de la lentille ſeront inclinées l'une par rapport à l'autre ſera plus petit, que les rayons SD et ND tomberont plus normalement ſur ces ſurfaces, et que ces rayons intercepteront entre eux un plus petit angle SDN, comme on le comprendra d'après ce que nous avons dit [2]) à propos de la propoſition VI. Or, il eſt évident que SDN eſt d'autant plus petit que le point B eſt moins diſtant du point O; en effet, alors PN eſt d'autant plus grande, parce que BO, BP et BN forment une proportion d'après la propoſition XX [3]).

Proposition XVI.

Calculer dans notre microſcope l'angle de l'aberration provenant de la diſperſion, et examiner quelle peut être ſa grandeur dans les téleſcopes et dans les microſcopes, ſans que cette aberration ſoit nuiſible [4]).

Nous effectuerons maintenant de la façon ſuivante le calcul dont nous avons parlé [5]). La diſtance focale de la lentille P [Fig. 41], dont nous négligeons l'épaiſſeur, était PO $= \frac{7}{10}$ pouce [6]). Mais PD était égale à $\frac{1}{20}$ pouce. Joignons les

[1]) Voir la p. 475.

[Fig. 40.] tur in lentem eandem radius ND, qui ex refractione diſſipatus, mittat radium rubrum in B, violaceum extremum in F. dico angulum BDF æqualem cenſeri poſſe angulo ODR, tantoque propius quanto inclinatio ſuperficierum lentis in D erit minore angulo, quantoque minus diſtabunt puncta B, O.

Cum enim radius ruber qui ineſt incidenti radio SD, eat in DO; ruber vero qui in radio ND eat in DB, erit ex propoſ. [VI] [1]) angulus BDO proxime æqualis SDN. Similiterque cum radius violaceus qui inerat in SD, abeat in DR; itemque violaceus qui in ND, abeat in DF; cenſebitur ex eadem prop. VI ang. FDR æqualis SDN: Itaque æquales inter ſe cenſentur et BDO, FDR, et ablato communi FDO, erunt ſimiliter æquales BDF, ODR. ac tanto propius quanto et angulus inclinationis ſuperficierum lentis in D erit minoris anguli, et rectiores radij SD, ND in ſuperficies illas incident, radijque ipſi minorem intercipient ang. SDN, ut ex ijs intelligitur quæ ad prop. [VI] ſupra dicta fuerunt [2]). patet autem tanto minorem eſſe SDN quanto punctum B minus diſtat ab O, tanto enim major PN, quia proportionales ſunt BO, BP, BN ex prop. [XX] [3]).

[Propositio XVI.]

[Angulum aberrationis ex diſſipatione in noſtro microſcopio, et quantus in Teleſcopijs et Microſcopijs nocere non poſſit, per calculum inquirere.] [4])

Jam calculum quem diximus [5]) ſic proſequemur. Erat lentis P [Fig. 41], cujus craſſitudinem pro nulla habemus, foci diſtantia PO ∞ $\frac{7}{10}$ poll. [6]) PD vero

---

[2]) Voir le dernier alinéa de la p. 479.

[3]) Voir la p. 99.

[4]) Cet énoncé manque dans le texte. Il fut intercalé par de Volder et Fullenius à la p. 245 de l'édition de 1703; et nous croyons bien faire de nous conformer à cet exemple, ici et dans la suite, parce que, à partir d'ici, la division en propositions est complètement omise dans le manuscrit de Huygens. Voir pour des traitements antérieurs de la même question le § 6 de l'Appendice IX à commencer à la p. 636 sous la raie et le § 12 (p. 651) du même Appendice.

[5]) Voir les dernières lignes du deuxième alinéa de la p. 551.

[6]) Il s'agit toujours du microscope qui fut décrit au troisième alinéa de la p. 549.

points D et O. Il eſt déjà établi que ſi un rayon tombe parallèlement à l'axe ſur la lentille au point D, ce rayon doit être diſperſé par un angle ODβ égal à $\frac{1}{50}$ de l'angle DOP, comme nous l'avons dit en parlant de la diſperſion du rayon [1]). Soit Oβ perpendiculaire à l'axe et puiſſe Dβ couper cet axe en δ. Par conſéquent, Oβ ſera eſtimée égale à $\frac{1}{50}$ PD, mais PD était égale à $\frac{1}{20}$ pouce. Oβ ſera donc égale à $\frac{1}{1000}$, et OD ou OP, qui était égale à $\frac{7}{10}$, ſera à Oβ comme 700 eſt à 1. Mais, d'après le lemme précédent, le rayon incident ND ſerait diſperſé par un angle égal à ODβ et cet angle ſerait BDQ, attendu que ND envoie, par ſuppoſition, un rayon rouge ſelon DB. Par conſéquent, $\angle$BDQ $=$ $\angle$ODβ. Mais comme d'autre part le rayon incident BD eſt diſperſé par un angle NDK égal à BDQ pour la raiſon donnée plus haut [2]), c'eſt-à-dire égal à l'angle ODβ, on aura auſſi DN (ou PN) : NK $=$ DO (ou PO) : Oβ, c'eſt-à-dire $=$ 700 : 1. Mais EN : NP $=$ $=$ 2 : 7 $=$ 200 : 700. Par conſéquent, EN (ou MK) : NK $=$ 200 : 1, c'eſt-à-dire comme 100000, le rayon de la table, eſt à 500, c'eſt-à-dire à la tangente de 17′ 12″ [3]); et par conſéquent l'angle NMK de cette aberration ſera dans notre microſcope à peu près égal à 17′ 12″ [4]).

Cet angle ſera de la même grandeur dans le microſcope plus court, c'eſt-à-dire dans celui de $4\frac{1}{2}$ pouces [5]), et pareillement dans tous les microſcopes plus petits conſtruits ſucceſſivement, parce que cette condition d'une aberration égale a été préſuppoſée dans notre inveſtigation [6]). Or, ſi à l'angle NMK nous ajoutons l'angle NMG, que nous avons négligé auparavant à cauſe de ſa petiteſſe, l'angle d'aberration deviendra ici de 17′42″ environ [7]).

---

[1]) Voir la p. 485.

[2]) Voir la p. 539.

[3]) Plutôt 17′10″.

[4]) Plus généralement, si l'on pose, comme plus haut à la p. 545, PB $= b$, PN $= c$, NE $=$ $= d$, PD $= a$, et de plus O$\delta = \eta$.OP, OP $= e$, on trouvera d'après ces calculs $\angle$NMK $=$ $= \frac{ac}{de}\eta$, où ηe représente l'aberration chromatique longitudinale hors du foyer, laquelle est supposée égaler $\frac{1}{50}e$.

Calculons encore l'angle GMN qui a été négligé. On trouvera successivement EI $= \frac{ad}{c}$, IM $= \frac{c+d}{c}$NK $= \frac{\eta a(c+d)}{e}$, EM $= \frac{ad}{c} + \frac{\eta a(c+d)}{e}$, $\angle$GMN $= \frac{\eta a}{c} + \frac{\eta^2 a(c+d)}{de} =$ $= \left[\frac{de}{c^2} + \eta + \frac{\eta d}{c}\right]\angle$KMN; c'est-à-dire si η a la même valeur pour les deux lentilles, ce qui est toujours supposé par Huygens, qui, de même que Newton, ne semble jamais s'être posé la question si la dispersion ne pourrait différer pour des verres de matières différentes; consultez à ce sujet la note 9, p. 243 du T. VII. Or, dans le microscope en question on a

[Fig. 41.]

$\frac{1}{20}$. Jungatur DO. Conſtat jam, ſi radius axi parallelus deſuper in D incidat, eum ſpargi debere angulo ODβ, qui ſit $\frac{1}{50}$ anguli DOP, uti diximus cum radij diſſipationem exponeremus [1]). Sit Oβ axi perpendicularis quem ſecet Dβ in δ. igitur Oβ cenſebitur ∞ $\frac{1}{50}$ PD. ſed PD erat $\frac{1}{20}$ poll. Ergo Oβ ∞ $\frac{1}{1000}$, et OD ſeu OP, quæ erat $\frac{7}{10}$, erit ad Oβ, ut 700 ad 1. Sed per lemma præmiſſum, radius incidens ND diſſiparetur angulo qui eſſet æqualis ODβ. iſque angulus eſſet BDQ, quandoquidem ND ponitur mittere radium rubrum per DB. Itaque ang. BDQ ∞ ODβ. Quia vero viciſſim radius incidens BD diſſipatur angulo NDK, æquali BDQ ex cauſa in ſuperioribus explicata [2]), hoc eſt angulo ODβ; erit et DN, ſeu PN, ad NK, ut DO ſeu PO ad Oβ, hoc eſt ut 700 ad 1. Sed EN eſt ad NP ut 2 ad 7, ſive ut 200 ad 700. Ergo EN ſeu MK ad NK ut 200 ad 1, hoc eſt ut radius tab. 100000 ad 500 tangentem 17′.12″ [3]); ac proinde angulus aberrationis hujus NMK erit in noſtro microſcopio proximè 17′.12″ [4]).

Idemque erit in breviori illo pollicum $4\frac{1}{2}$ [5]), et in omnibus deinceps diminutis, quia hæc conditio aberrationis æqualis in inveſtigatione poſita fuit [6]). Quod ſi angulo NMK addamus ang. NMG, quem ibi ob parvitatem negleximus, fiet hic ang. aberrationis 17′.42″ circiter [7]).

$b = \frac{7}{9}$, $c = 7$, $d = 2$, $a = \frac{1}{20}$, $e = \frac{7}{10}$ et, par conséquent, $\angle GMN = \frac{19}{350} \angle KNM = \frac{19}{70000} = 56''$; mais dans les microscopes plus courts, construits d'après les indications des Prop. XIV, p. 535 et XV, p. 543, le rapport $\angle GMN : \angle KMN$ s'accroît de plus en plus. Ainsi dans le cas de la Prop. XIV on a: $a' = ka$, $e' = ke$, $d' = d$, $c' = kc$, $b' = kb$ et dans celui de la Prop. XV: $a' = ka$, $e' = k^2e$, $d' = kd$, $c' = k^2c$, $b' = k^2b$, où $k < 1$. On trouve dans les deux cas $\angle G'M'N' = \left[\frac{ed}{kc^2} + \eta + \frac{\eta d}{kc}\right] \angle K'M'N'$ où toutefois dans le premier cas $K'M'N' = k\angle KMN$ de sorte que la valeur absolue de l'angle G′M′N′ n'est pas plus grande dans le microscope plus court. Mais dans le deuxième cas $\angle K'M'N' = \angle KMN$.

[5]) Consultez, sur les dimensions de ce microscope, la p. 549.

[6]) Primitivement Huygens faisait suivre ici les phrases, biffées depuis: „Addendus quidem esset ang. NMG, sed is non excedit hic 30″, eoque propter parvitatem negleximus, cum non æquet 1′." En vérité on trouve, d'après les calculs de la note 4, pour le microscope de $12\frac{1}{3}$ pouces, $\angle NMG = 56''$, et pour celui de $4\frac{1}{2}$ pouces, $\angle NMG = 91''$.

[7]) En vérité 18′8″ pour le microscope étalon de $12\frac{1}{3}$ pouces et 18′43″ pour le plus court.

[Fig. 41.]

Mais ſi dans les téleſcopes nous demandons la grandeur permiſe de l'angle de cette aberration, nous trouverons pour les nocturnes un angle de $31'\frac{1}{3}$ environ [1]), et pour les diurnes la moitié ou $15'\frac{2}{3}$, ce qui ne diffère pas beaucoup de la valeur $17'42''$ trouvée plus haut. En effet, dans la figure de la Prop. VII [2]), ſi la diſtance focale CF de la lentille AC eſt priſe égale à 30 pieds, CA, comme nous l'avons dit, eſt égale à $\frac{3}{2}$ pouces [3]). D'où l'on conclut $FQ = \frac{1}{50}$ CA, c'eſt-à-dire $= \frac{3}{100}$ pouce. Mais QD, ou la diſtance focale FP, était alors de $3\frac{3}{10}$ pouces. Par conſéquent $QD : QF = 3\frac{3}{10} : \frac{3}{100}$, c'eſt-à-dire $= 110 : 1$, c'eſt-à-dire comme le rayon 100000 d'un cercle eſt à 909, tangente de l'angle $31'20''$ [4]), lequel eſt égal à-peu-près à l'angle d'aberration QDF [5]), auquel nous avons attribué cette valeur.

Ces conſidérations feront voir pourquoi ni dans notre microſcope, ni dans un autre autant qu'on le veuille plus petit et par conſéquent plus groſſiſſant dans la même meſure, s'il fut conſtruit d'après le nôtre ſelon la règle trouvée, cette aberration provenant de la diſſipation du rayon ne peut être nuiſible [6]). Mais examinons maintenant l'aberration qui réſulte de la forme ſphérique des lentilles. À cet effet, il faut de nouveau commencer par établir un lemme tel que le ſuivant [7]):

---

[1]) Comparez le dernier alinéa du § 4 de l'Appendice IX, p. 633, lequel doit dater de la première partie de l'année 1692 et où l'on retrouvera le calcul qui va suivre.

[2]) Voir la figure de la p. 490.

[3]) Voir la p. 495.

[4]) Plutôt $31'14''$.

[5]) En vérité l'angle d'aberration est égal à QDG, mais l'angle FDG, qu'on devrait ajouter, ne mesure que $17''$ environ.

[6]) Voir toutefois le deuxième alinéa de la note 4 de la p. 554.

[7]) Il est clair que Huygens avait besoin, pour pouvoir calculer l'angle d'aberration sphérique d'un microscope avec la même approximation qu'il avait obtenue dans le cas de l'aberration chromatique, d'un lemme semblable au lemme 1, qu'il venait d'employer avec succès dans ce dernier cas. Malheureusement cette fois il n'a pas aussi bien réussi, puisque le lemme 2 qui va suivre est erroné. Pour le montrer supposons qu'il soit juste. Alors, en posant NP [Fig. 42] $= d$, PO $= c$, on aurait $PB = \frac{cd}{d-c}$, donc $FB = \left(1 - \frac{c}{d}\right)^{-2} OH$, c'est-à-dire, dans le cas où $NP = d$ excède de beaucoup la distance focale PO, $FB = \left(1 + \frac{2c}{d}\right) OH$. Or, en vérité, le coefficient de $\frac{c}{d}$ n'est pas un nombre fixe. Il dépend de la forme de la lentille, c'est-à-dire du rapport mutuel des rayons de courbure R_1 et R_2, dont R_1 appartient à la surface antérieure, tournée vers le point N, et R_2 à

Sed in Teleſcopijs ſi quæramus quantus aberrationis hujus angulus ferri poſſit, inveniemus in nocturnis quidem $31'\frac{1}{3}$ circiter [1]), in diurnis vero dimidium ſive $15'\frac{2}{3}$. quod ab illis $17'.42''$ non multum diſcrepat. Etenim in figura propoſ. [VII] [2]). poſita lentis AC foci diſtantia CF pedum 30, diximus CA eſſe $\frac{3}{2}$ poll. [3]) unde FQ $\infty \frac{1}{50}$ CA hoc eſt $\frac{3}{100}$ poll. Sed QD ſeu foci diſtantia FP tunc erat $3\frac{3}{10}$ poll. Ergo QD ad QF ut $3\frac{3}{10}$ ad $\frac{3}{100}$ hoc eſt ut 110 ad 1, hoc eſt ut ſemidiameter circuli 100000 ad 909 tangentem anguli $31'.20''$ [4]), qui eſt proximè angulus aberrationis QDF [5]), quantum eſſe diximus.

Ex his intelligitur cur nec in noſtro microſcopio neque in alio quamlibet breviori eoque magis amplificante, quod ſecundum inventam regulam ex noſtro ordinatum fuerit, hæc aberratio ex radij diſſipatione nocitura ſit [6]). Nunc vero de aberratione quæ ex figura lentium ſphærica oritur examen inſtituamus. Ubi rurſus lemma præmittendum eſt hujuſmodi [7]).

---

l'autre surface. En effet, on trouve à l'aide de la dernière formule de la note 2 de la p. 396, $FB = \left(1 + \frac{2c}{d}\right)\left\{1 - \frac{\nu(3\nu+1)R_1^2 R_2 + (3\nu^2 - 3\nu - 4)R_1 R_2^2}{d[\nu^3 R_1^2 + \nu(2\nu^2 - 2\nu - 1)R_1 R_2 + (\nu^3 - 2\nu^2 + 2)R_2^2]}\right\} HO$, où ν représente l'indice de réfraction. Ainsi dans le cas où $\nu = \frac{3}{2}$ et, par conséquent $c = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ on aura $FB = \left(1 + \frac{2c}{d} - \frac{(33R_1 - 7R_2)(R_1 + R_2)}{27R_1^2 + 6R_1 R_2 + 7R_2^2}\frac{c}{d}\right)HO = \left(1 + \frac{21R_1^2 - 14R_1 R_2 + 21R_2^2}{27R_1^2 + 6R_1 R_2 + 7R_2^2}\frac{c}{d}\right)HO$.

Ajoutons que, si l'on préfère introduire $PB = d_1$, on substituera $\frac{d_1 - c}{d_1}$ pour $\frac{c}{d}$, où $d_1 - c$ devra rester petit par rapport à d_1.

Il est vrai que Huygens lui-même a compris que le lemme 2 était d'une portée plus restreinte que le lemme 1, puisqu'il annotait en marge: „non tamen satis exactum nisi cum distantiæ a lente parum differant." Dans cette annotation il soumet, en effet, la validité du lemme à la condition que PB diffère peu de la distance focale PO, c'est-à-dire que PN est grand par rapport à PO. Mais on a vu que même alors le lemme ne donne pas d'une manière exacte la première correction, de l'orde $\frac{c}{d}$, à apporter à la supposition $FB = HO$.

Faisons encore une dernière remarque. On pourrait s'étonner que l'emploi de la Prop. VI (p. 475), sur laquelle est fondée la démonstration de Huygens qui va suivre, l'a conduit ici à un résultat erroné, tandis qu'à l'occasion du Lemme 1 (p. 551), qui se rapporte à l'aberration chromatique, un raisonnement qui, au premier abord, semble être tout-à-fait analogue doit être admis comme valable. La cause en est que dans le cas de l'aberration sphérique les angles BDF et ODH (Fig. 42) sont, quand on les compare aux angles SDN, BDO et FDH dont la Prop VI proclame l'égalité, d'un autre ordre de petitesse (du troisième d'après les valeurs des angles $OD\beta$ et BDQ déduites dans la note 5 de la p. 562). Tout au contraire les angles de dispersion BDF et ODR de la fig. 40, quoique beaucoup plus petits que ceux auxquels la Prop. VI est appliquée dans la démonstration du Lemme 1, sont toutefois du même ordre de petitesse (voir la note 4 de la p. 554).

Lemme 2 [1]).

Soit NPB [Fig. 42] l'axe de la lentille convexe PD. Supposons le foyer en O. SD repréſente un rayon parallèle à l'axe qui, après la réfraction, ſe meut ſelon DH, faiſant l'aberration OH. Or, ſuppoſons que d'un point N ſitué ſur l'axe parte un rayon ND vers cette même lentille, lequel, après avoir été réfracté, coupe l'axe au point F, et ſoit B le point conjugué avec N, et FB, par conſéquent, l'aberration du rayon ND. Je dis que HO ſera à FB à-peu-près comme PO^2 eſt à PB^2, et cela d'autant plus exactement que la diſtance NP ſera plus grande en comparaiſon de la diſtance PO [2]).

En effet, prenons PV ſur l'axe égale à PO, et ſoit HL perpendiculaire à l'axe. Poſons PO (ou PV) $= c$, PD $= a$, NP $= d$, HO $= n$. Alors, comme NV, NP, PO et PB forment une proportion d'après la prop. XX [3]), on aura PB $= \frac{dc}{d-c}$. Mais comme l'angle LDH eſt eſtimé égal à l'angle SDN d'après la propoſition VI [4]), c'eſt-à-dire égal à l'angle DNP, on aura approximativement que NP $= d$ eſt à PD $= a$, comme DL (qui eſt cenſée égale à PH, c'eſt-à-dire à $c-n$) eſt à LH qui aura la valeur $\frac{ac-an}{d}$. Et parce que PD : LH = PF : FH, DP — LH, c'eſt-à-dire $\frac{da-ac+an}{d}$, ſera à DP $= a$, comme PH $= c-n$ eſt à PF qui aura la valeur $\frac{dc-dn}{d-c+n}$; en ſouſtrayant cette dernière de PB $= \frac{dc}{d-c}$, on obtient FB $=$ $= \frac{ddn}{dd-2dc+cc+dn-cn}$, grandeur qui eſt à HO $= n$, comme dd eſt à $dd-2dc+$ $+cc+dn-cn$; or, ce rapport peut être cenſé égal au rapport de dd à $dd-2dc+$ $+cc$ puiſque la quantité n eſt fort petite par rapport aux autres. Mais comme dd eſt à $dd-2dc+cc$, c'eſt-à-dire, comme NP^2 eſt à NV^2, ainſi eſt PB^2 à PO^2; parce que, comme nous l'avons dit, NV eſt à NP, comme PO eſt à PB. Par conſéquent, FB ſera à HO à fort peu près comme PB^2 eſt à PO^2, et cela d'autant plus exactement que l'angle SDN ſera plus petit, comme cela reſſort de ce que

[1]) Voir, sur la question de la validité de ce Lemme, la note 7 de la p. 556.

[2]) En vérité le rapport HO : FB est donné par la dernière formule de la note 7 de la p. 556. Ajoutons qu'une démonstration du lemme, analogue à celle qui va suivre, se trouve au § 19 de l'Appendice IX, p. 661. Elle doit dater de 1692.

[3]) Voir la p. 99. La proposition qu'on y trouve conduit à la proportion NV : NP = NP : NB,

[Lemma 2.] [1])

Sit lentis convexæ PD [Fig. 42] axis NPB. Focus in O. Radius axi parallelus SD, qui refractus eat per DH, faciens aberrationem OH, a puncto autem in axe, N, feratur ad lentem eandem radius ND, qui refractus conveniat cum axe in F, ſitque B punctum conjugatum ipſi N, adeoque radij ND aberratio FB. Dico HO ad FB fore proximè ut quadratum PO ad quadratum PB tantoque magis quanto diſtantia NP ad PO comparata major erit [2]).

[Fig. 42.]

Sumatur enim PV in axe æqualis PO, ſitque HL axi perpend. Et PO ſive PV ſit $\infty\, c$; PD $\infty\, a$; NP $\infty\, d$; HO $\infty\, n$. Jam quia proportionales ſunt NV, NP; PO, PB ex prop. [XX] [3]), erit PB $\infty \frac{dc}{d-c}$. Quia vero angulus LDH æqualis cenſetur SDN ex propoſ. [VI] [4]), hoc eſt angulo DNP, erit proxime ut NP $\infty\, d$, ad PD $\infty\, a$, ita DL quæ cenſetur æqualis PH, hoc eſt $c-n$, ad LH, quæ erit $\frac{ac-an}{d}$. Et quia PD ad LH ut PF ad FH, erit DP minus LH, hoc eſt $\frac{da-ac+an}{d}$ ad DP $\infty\, a$, ut PH $\infty\, c-n$ ad PF, quæ erit $\frac{dc-dn}{d-c+n}$ quæ ſubtracta a PB $\infty \frac{dc}{d-c}$ fit FB $\infty \frac{ddn}{dd-2dc+cc+dn-cn}$ quæ ad HO $\infty\, n$, ut dd ad $dd-2dc+cc+dn-cn$; hæc autem ratio eadem cenſeri poteſt quæ dd ad $dd-2dc+cc$, quia quantitas n minima eſt cæterarum reſpectu. Sicut autem dd ad $dd-2dc+cc$, hoc eſt ut quadratum NP ad quadratum NV ita eſt quadratum PB ad quadratum PO; quia diximus eſſe ut NV, NP, ita PO ad PB; Ergo erit FB ad HO proxime ut quadratum PB ad quadratum PO, ac tanto quidem magis quanto angulus SDN minor erit,

---

dont celle du texte se déduit aisément. Elle n'est valable que si l'on néglige l'épaisseur de la lentille; mais on voit facilement qu'on n'a besoin ici que d'une première approximation.

4) Voir la p. 475. Inutile de dire que c'est ici que le raisonnement est en défaut. En effet, l'égalité des angles LDH et SDN n'est pas absolue et leur différence est du même ordre de grandeur que le petit angle BDF, d'où il s'ensuit que la valeur de BF à laquelle on arrive ne sera pas exacte. D'ailleurs Huygens lui-même n'a pas manqué de remarquer que c'est ici le point faible de sa démonstration; voir à ce propos le § 19 de l'Appendice IX à la p. 662, où il montre d'une manière ingénieuse, par un exemple, que la supposition de l'égalité de ces angles peut induire en erreur.

nous avons annoté à la propoſition VI [1]); en d'autres termes d'autant plus exactement que le rapport NP : PO a une plus grande valeur. La propoſition eſt donc démontrée [2]).

[Fig. 42.] De cette propoſition on tire le

Lemme 3 [3]).

Lorſqu'on trace les droites DO et DB, les angles HDO et FDB ſeront égaux. [4]).

En effet, ſuppoſons que DO coupe HL en I, et que FE, perpendiculaire à l'axe, rencontre la droite DB en E. Le rapport BF : HO eſt compoſé des rapports BF : FE, FE : HI et HI : HO. C'eſt-à-dire des rapports BP : PD, FE : HI et PD : PO, ou bien des rapports FE : HI et BP : PO. Or, le rapport BF : OH eſt égal à $BP^2 : PO^2$, d'après ce que nous avons démontré plus haut [5]). Il réſulte de tout ceci que le rapport FE : HI eſt égal au rapport BP : PO, ou FP : PH, parce que FB et HO ſont fort petites; ou bien au rapport FD : HD. L'angle FDE eſt donc cenſé égal à l'angle HDI à cauſe de la petiteſſe des angles DFP et DHP.

Proposition XVII.

Calculer l'angle d'aberration ſphérique dans notre microſcope [6]).

Nous venons maintenant au calcul dans lequel nous nous propoſons de tenir compte de l'épaiſſeur de la petite lentille P, repréſentée par TP dans la figure précédente [7]). Or, cette petite lentille poſſède dans notre microſcope une ſurface plane, ſavoir la ſurface inférieure. Et comme la diſtance focale PO eſt de $\frac{7}{10}$ pouce, et qu'elle peut être eſtimée égale au diamètre de courbure de la ſurface convexe TD [8]), on aura que comme PO, ou $\frac{7}{10}$, eſt à PD, ou $\frac{1}{20}$, ainſi cette dernière

---

[1]) Voir le dernier alinéa de la p. 479.

[2]) Ce qui va suivre à propos du Lemme 3 a été ajouté plus tard. Primitivement on y trouvait, biffé depuis, un calcul, fondé sur l'emploi du Lemme 2, de l'angle d'aberration sphérique du même microscope étalon dont l'angle d'aberration chromatique avait été calculé à la proposition XVI, p. 553. Mais nous croyons pouvoir supprimer ce calcul puisqu'il ne diffère de celui qui appartient à la Prop. XVII, p. 561, que par l'usage du Lemme 2, au lieu du Lemme 3, ce qui naturellement conduit au même resultat.

[3]) Ce lemme est donc le résultat d'une pensée qui est venue à Huygens après l'achèvement du calcul mentionné dans la note précédente. Alors il s'est aperçu qu'on pouvait donner au lemme 2 une forme plus élégante, et plus commode pour le calcul de l'angle d'aberration, par laquelle il se rapprochait singulièrement du lemme 1, qui se rapporte à l'aberration chro-

ut patet ex ijs quæ ad propoſ. [VI] annotavimus [1]); hoc eſt quanto major ratio NP ad PO. Itaque patet propoſitum [2]).

Hinc vero ſequitur,

[Lemma 3.] [3])

Ductis DO, DB, angulos aequales fore HDO, FDB [4]).

Ponatur enim DO ſecare HL in I, et FE axi perpendicularem occurrere rectæ DB in E. Quia ergo ratio BF ad HO componitur ex rationibus BF ad FE, et FE ad HI et HI ad HO. Hoc eſt ex rationibus BP ad PD, et FE ad HI, et PD ad PO; hoc eſt, ex rationibus FE ad HI et BP ad PO. Ratio autem eadem BF ad OH eſt ea quæ quadrati BP ad quadratum PO, ex ante demonſtratis [5]); neceſſe eſt rationem FE ad HI eandem eſſe quæ BP ad PO, ſive quæ FP ad PH, quia FB et HO ſunt minimæ; ſive quæ FD ad HD. Unde angulus FDE cenſetur æqualis HDI propter parvitatem angulorum DFP, DHP.

[Fig. 41.]

[Propositio XVII.]

[Angulum aberrationis ex figura in noſtro microſcopio per calculum inveſtigare.] [6])

Hinc ad calculum accedimus in quo jam craſſitudo lenticulæ P conſideranda eſt, quæ ſit TP, in figura ſuperiori [7]). Habet autem lenticula hæc in noſtro microſcopio ſuperficiem alteram planam quæ deorſum converſa eſt. Cumque foci diſtantia PO ſit $\frac{7}{10}$ pollicis eademque æqualis cenſeri poſſit diametro convexitatis ſuperficiei TD [8]); erit ut PO, ſive $\frac{7}{10}$ ad PD ∞ $\frac{1}{20}$, ita hæc ad TP, quæ fiet $\frac{1}{280}$. Hujus vero $\frac{7}{8}$

matique. En effet, le lemme 3 serait juste s'il en était ainsi du lemme 2, ce qui malheureusement n'est pas le cas.

4) En exprimant de deux manières différentes le rapport des triangles FDB et HDO on trouve facilement:

$$\frac{\angle FDB}{\angle HDO} = \frac{DO^2}{DB^2} \times \frac{FB}{HO} = \frac{PO^2}{PB^2} \times \frac{FB}{HO} = \frac{NV^2}{NP^2} \times \frac{FB}{HO} = \frac{(d-c)^2}{d^2} \times \frac{FB}{HO},$$

d'où il résulte, à l'aide de la dernière formule de la note 7 de la p. 556, qu'en négligeant le carré du rapport $c : d$ on aura en vérité:

$$\angle FDB = \left(1 - \frac{(33R_1 - 7R_2)(R_1 + R_2)}{27R_1^2 + 6R_1R_2 + 7R_2^2} \frac{c}{d}\right) \angle HDO.$$

5) Voir le „Lemma 2", p. 559.

6) Cet énoncé est emprunté à la p. 249 de l'édition de 1703. Comparez la note 4 de la p. 553. Voir pour des traitements antérieurs de la même question les §§ 6 et 13 de l'Appendice IX, pp. 634 et 652.

7) Il s'agit de la Fig. 41 de la p. 556. On la trouve reproduite ici à côté.

8) Voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81.

ſera à TP, laquelle aura donc la valeur $\frac{1}{280}$. Mais les $\frac{7}{8}$ de cette dernière longueur ſont égales à l'aberration Oδ qui appartient au rayon parallèle à l'axe tombant ſur la lentille au point D, parce que la ſurface plane de la petite lentille eſt tournée de l'autre côté [1]). Par conſéquent O$\delta = \frac{7}{1680}$, ou $= \frac{1}{240}$. Mais comme δP ou OP, eſt à PD, c'eſt-à-dire comme $\frac{7}{10}$ eſt à $\frac{1}{20}$, ou 14 à 1, ainſi eſt δO à Oβ. Il s'enſuit que Oβ acquiert la valeur $\frac{1}{3360}$, et l'on a DO (ou PO) : Oβ $= \frac{7}{10} : \frac{1}{3360} = 2352 : 1$. Mais d'après le Lemme 3 le rayon incident ND ferait un angle d'aberration BDQ égal à l'angle ODβ; réciproquement le rayon BD fera donc un angle d'aberration NDK égal à BDQ [2]), ou ODβ. Par conſéquent, comme DO, ou PO, eſt à Oβ, c'eſt-à-dire comme 2352 eſt à 1, ainſi fera DN, ou PN, à NK. Mais comme 2 eſt à 7, ou comme 672 eſt à 2352, ainſi eſt EN à NP [3]). On trouve donc, par la règle de la proportion dérangée [4]), le rapport EN : NK, ou MK : NK, $= 672 : 1$, c'eſt-à-dire égal au rapport du rayon 100000 des Tables à 149, tangente de l'angle 5′ 8″ qui eſt l'angle NMK [5]).

[Fig. 41.]

Tel eſt donc dans notre microſcope l'angle d'aberration ſphérique [6]). Que la vue en peut ſupporter ſans inconvénient un plus grand, cela réſulte de ce que, lorſqu'on retourne la petite lentille PD de forte que

[1]) Comparez la p. 287.

[2]) D'après la Prop. VI, p. 475.

[3]) À cause de l'arrangement du microscope étalon, tel qu'on le trouve décrit à la p. 549.

[4]) Voir la note 22 de la p. 304 du T. XI.

[5]) Plus généralement, en appliquant aux longueurs PN, NE, PD, PO les notations de la note 4, p. 554, et en posant de plus O$\delta = \varepsilon_1$PT, $\angle$BDQ $= (1+\zeta)\angle$ODβ, on trouve successivement PT $= a^2e^{-1}$ (même dans le cas où la lentille PD ne serait par planconvexe; voir la note 4 de la p. 277), O$\delta = \varepsilon_1 a^2 e^{-1}$, O$\beta = \varepsilon_1 a^3 e^{-2}$, $\angle$OD$\beta = \varepsilon_1 a^3 e^{-3}$, $\angle$BDQ $= (1+\zeta)\varepsilon_1 a^3 e^{-3}$, NK $= (1+\zeta)\,\varepsilon_1 a^3 c e^{-3}$ et enfin $\angle$NMK $= (1+\zeta)\varepsilon_1 a^3 c e^{-3} d^{-1}$, où $(1+\zeta)$ représente la correction à apporter d'après la note 4 de la p. 561 à cause de la fausseté du lemme 3. Dans le cas présent où, suivant les notations de cette dernière note, on aura $R_2 = \infty$, $c =$ PO $= \frac{7}{10}$, $d =$ NP $= 7$, la valeur de ζ est égale à $\frac{1}{10}$. On aurait donc en réalité NMK $= 5'39''$.

[6]) Consultez la note 1 de la p. 540, où il a été montré que le véritable angle d'aberration égale l'angle GMK. Ce n'est donc qu'en négligeant l'angle GMN, qui résulte de l'aberration sphérique de l'oculaire, que Huygens arrive à identifier l'angle NMK avec l'angle de l'aberration sphérique.

Quant au rapport de ces deux angles on a:

$$\frac{\angle GMN}{\angle NMK} = \frac{\Delta NGM}{\Delta MNK} = \frac{GN \times EM}{EN \times NK} = \frac{\varepsilon_2 . EM^3}{EN^2 \times NK},$$

où ε_2 représente le facteur ($\frac{7}{6}$ dans le cas d'une lentille planconvexe) avec lequel on doit

æquantur aberrationi Oδ quam facit radius axi parallelus in D incidens, quia lenticulæ plana ſuperficies in partem alteram obverſa eſt [1]). Ergo O$\delta \infty \frac{7}{1680}$ ſive $\frac{1}{240}$. Sicut autem δP ſeu OP ad PD, hoc eſt, ſicut $\frac{7}{10}$ ad $\frac{1}{20}$, ſive ut 14 ad 1, ita eſt δO ad Oβ. Ergo ſit O$\beta \infty \frac{1}{3360}$; et DO ſeu PO ad O$\beta$ ut $\frac{7}{10}$ ad $\frac{1}{3360}$, ſive ut 2352 ad 1. Sed per Lemma [3] radius incidens ND faceret angulum aberrationis BDQ æqualem ODβ: ac proinde viciſſim radius BD faciet angulum aberrationis NDK æqualem BDQ [2]) ſeu ODβ. Ergo ut DO, ſeu PO, ad Oβ, hoc eſt, ut 2352 ad 1, ita erit DN, ſeu PN, ad NK. Sed ut 2 ad 7, ſive ut 672 ad 2352, ita eſt EN ad NP [3]). Ergo ex æquo [4]) EN ad NK, ſeu MK ad NK, ut 672 ad 1, hoc eſt ut in Tabulis ſemidiameter 100000 ad 149, tangentem anguli 5′.8″, qui eſt angulus NMK [5]).

Hic igitur in microſcopio noſtro eſt angulus aberrationis ex figura [6]). Quo majorem ferri poſſe abſque viſionis incommodo inde apparet, quod inverſâ lenticulâ PD, ut pars convexa deorſum ſpectet, quadruplo fere major ſit iſte aber-

---

multiplier l'épaisseur de la lentille EM, calculée d'apres la formule de la note 4, p. 277, citée déjà dans la note précédente. Or, pour trouver EM on doit prolonger DN jusqu'au point I où cette droite coupe la lentille EM. Alors $EM = EI + IM = \frac{EN}{NP} \times DP + \frac{EP}{NP} \times NK$, où le deuxième terme dépend de l'aberration sphérique et sera, en général, plus petit que le premier. En effet, dans le microscope étalon, mentionné à la p. 549, on aura $\frac{EP}{NP} \times \times NK = \frac{9}{7} \times (1+\zeta) \times \frac{1}{336} = \frac{3}{784}(1+\zeta)$ et $\frac{EN}{NP} \times DP = \frac{2}{7} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{70}$. Si donc nous substituons $EM < 2EI$, il en résulte :

$$(1) \qquad \frac{\angle GMN}{\angle NMK} < \frac{8\varepsilon_2 . EN \times DP^3}{NP^3 \times NK} = \frac{8\varepsilon_2 d e^3}{(1+\zeta)\varepsilon_1 c^4},$$

ce qui amène dans le cas de ce microscope :

$$\frac{\angle GMN}{\angle NMK} < \frac{16\varepsilon_2}{7000\varepsilon_1(1+\zeta)},$$

et c'est là, en effet, une petite fraction.

Si, au contraire de ce que nous avons supposé, on aurait $EI < IM$, on pourrait en conclure $EM < 2IM$ et on trouverait :

$$(2) \qquad \frac{\angle GMN}{\angle NMK} < \frac{8\varepsilon_2 . EP^3 \times NK^2}{NP^3 \times EN^2} = \frac{8\varepsilon_1^2 \varepsilon_2 (1+\zeta)^2 (c+d)^3 a^6}{c d^2 e^6}$$

dont la valeur sera petite, si $\frac{a}{e}$, c'est-à-dire si l'angle DOP sera suffisamment petit.

Il est donc clair qu'une condition suffisante pour que l'angle GMN puisse être négligé est celle que les seconds membres des inégalités (1) et (2) représentent tous les deux de petites fractions.

Ajoutons qu'en représentant ces seconds membres par p et q on peut obtenir la valeur approximative du rapport $\angle GMN : \angle NMK$ à l'aide de l'expression $\frac{1}{8}(\sqrt[3]{p} + \sqrt[3]{q})^3$; ainsi donc, dans le cas où les valeurs de ces deux membres sont très différentes, il est permis de diviser le plus grand à-peu-près par 8.

ſon côté convexe eſt dirigé vers le bas, cet angle d'aberration devient environ quatre fois plus grand, parce qu'alors l'aberration du rayon qui tomberait parallèlement à l'axe sur la lentille au point D eſt égale à $\frac{9}{2}$ fois l'épaiſſeur PT d'après la propoſition IV, Part. II [1]), aberration qui dans le cas conſidéré n'était que de $\frac{7}{6}$ PT, c'eſt-à-dire ſeulement d'un quart à peu près de la valeur trouvée en dernier lieu. Il s'enſuit que l'angle d'aberration NMK lui auſſi ſe trouve être alors à peu près quatre fois plus grand que celui pour lequel nous venons de trouver la valeur de 5′. Mais, la lentille étant ainſi retournée, on obſerve à peine quelque affaibliſſement de la viſion diſtincte. L'angle de cette aberration peut donc être porté juſqu' à 20 minutes à peu près; quoique l'angle de l'aberration provenant de la diſſipation, qui était de 18′ environ [2]), s'y ajoute. En effet, on comprend aiſément que dans tous les cas cette dernière aberration s'ajoute à la précédente [3]).

Or ſi, dans le microſcope plus court, long de $4\frac{1}{2}$ pouces [4]), nous cherchons de la même manière l'angle de l'aberration ſphérique, nous trouverons que cet angle-là eſt également de 20′ à peu près [5]). Par conſéquent, cet angle ſera lui auſſi à peine aſſez grand pour nuire; de ſorte que l'effet obtenu avec un microſcope de ce genre ſera excellent. Mais ſi nous conſtruiſons, d'après la formule de la règle trouvée plus haut [6]), des microſcopes encore plus courts et plus groſſiſſants, cet angle d'aberration croîtra toujours; et cette cauſe empêche donc que, en nous baſant ſur cette règle, nous ne puiſſions augmenter indéfiniment la puiſſance des microſcopes. Toutefois, ce qui ſemblera peut-être merveilleux, nous démontrerons qu'il exiſte une autre règle [7]), qui permet d'obtenir un tel progrès à l'infini. À cet effet nous commençons par établir un Lemme de la forme ſuivante:

Lemme 4 [8]).

Si ſur une lentille convexe tombent des rayons parallèles à l'axe ou émanant d'un point ſitué ſur l'axe et éloigné de la

[1]) Voir la p. 285.

[2]) Voir la p. 555.

[3]) En marge on trouve encore, mais biffée, la démonstration inachevée qui suit: „Si enim radius ND" [Fig. 41, p. 556] „facit aberrationem ex figura BF, fiet ut ex altera aberratione diſſipetur angulo quodam ex. gr. FDO, cumque ruber color ponatur ire per DF, violaceus ibit per DO; unde et violaceus qui inest in radio BD ex B manante, interior feretur rectæ DK atque ita ut cum recta DN faciat angulum ipsi BDO æqualem. Itaque et NK"

[4]) Voir la p. 549.

[5]) Puisque dans ce microscope $a = \frac{1}{40}$, $b = \frac{7}{36}$, $c = \frac{7}{4}$, $d = 1$, $e = \frac{7}{40}$, $\varepsilon_1 = \frac{7}{6}$, on trouvera, d'après les calculs indiqués dans la note 5 de la p. 562, $\angle$ NMK $= (1+\zeta) \times \frac{1}{168} = (1+\zeta) \times$

rationis angulus; quia tunc aberratio radij qui parallelus axi incideret in D æquat $\frac{9}{2}$ craſſitudinis PT, ex propoſ. [IV, Part. II] [1]) quæ aberratio hic erat tantum $\frac{7}{8}$ PT, hoc eſt fere pars quarta tantum iſtius. Unde et angulus aberrationis NMK fere quadruplus tunc invenitur ejus qui nunc inventus eſt 5′. Atqui ſic inverſâ lenticulâ, vix percipitur aliquid diſtinctæ viſioni decedere. Itaque 20 circiter ſcrupulorum primorum ferri poteſt angulus iſtius aberrationis; accedente licet angulo aberrationis quæ ex diſſipatione, qui erat fere 18′ [2]). Semper enim hanc aberrationem alteri ſuperaddi facile intelligi poteſt [3]).

Quod ſi in breviori illo $4\frac{1}{2}$ pollicum microſcopio [4]), quæramus eodem modo angulum aberrationis quæ ex figura, inveniemus eum quoque 20′ circiter [5]); qui proinde vix quoque nocere poterit; ut proinde eximius futurus ſit ejuſmodi perſpicilli effectus. Si vero breviora etiam, ac magis amplificantia moliamur ex præſcripto Regulæ ſuperius inventæ [6]) creſcet ſemper iſte aberrationis angulus. adeoque hæc cauſa impedit quo minus Regulam iſtam ſequentes, infinito progreſſu microſcopiorum virtutem augere poſſimus. Sed quod mirum fortaſſe videbitur, aliam ſuppetere oſtendemus Regulam [7]), per quam ejuſmodi progreſſus concedatur. Præmittimus autem Lemma ejuſmodi.

Lemma [4] [8]).

Si in lentem convexam radij incidant axi paralleli, vel a puncto in axe ultra focum diſtante manantes, efficient ij

---

$\times$ 20′28″ où $\zeta = \frac{1}{10}$, ce qui amène, en vérité, $\angle$ NMK = 22′31″. Quant aux seconds membres des inégalités (1) et (2) de la note 6 de la p. 562, on trouvera que, par la substitution $a' = ka, b' = k^2 b, c' = k^2 c, d' = kd, e' = k^2 e$, où $k = \frac{1}{2}$, le premier sera doublé, en comparaison avec le microscope étalon, et le deuxième multiplié avec 29 à-peu-près; ce qui n'empêche pas que le premier ne soit encore presque trois fois plus grand que le deuxième, de manière qu'on aura:

$$\frac{\angle \mathrm{GMK}}{\angle \mathrm{NMK}} < \frac{32\varepsilon_2}{7000\varepsilon_1(1+\zeta)} < \frac{1}{24^1}.$$

[6]) Il s'agit toujours de la règle de la Prop. XV, p 549, d'après laquelle, si l'on a dans le microscope donné PD (Fig. 38, p. 535) = a, PB = b, PN = c, NE = d, PO = e, on aura dans le microscope réduit: **pd** = ka, **pb** = $k^2 b$, **pn** = $k^2 c$, **ne** = kd, **po** = $k^2 e$, et, par conséquent (voir la note 5 de la p. 562) $\angle$ **nmk** = $(1+\zeta)\,\varepsilon_1 k^{-2} a^3 c e^{-3} d^{-1}$; ce qui entraîne $\angle$ **nmk** = k^{-2}. $\angle$ NMK.

Ajoutons que, d'après la Prop. XII (voir la p. 529), k^{-1} représente la proportion dans laquelle le grossissement est augmenté dans le nouveau microscope.

[7]) Voir la Prop. XVIII, p. 569.

[8]) On rencontre à la p. 84 du Manuscrit II une leçon antérieure de ce Lemme et de sa démonstration. Cette leçon, qui doit dater d'août 1692, d'après le lieu qu'elle occupe, diffère

lentille à une diſtance plus grande que la diſtance focale, ils formeront après la réfraction des angles d'aberration ſphérique à peu près proportionnels à la troiſième puiſſance des diſtances des points d'incidence à l'axe.

Nous démontrerons ce Lemme d'abord pour les rayons parallèles.

Soit PB [Fig. 43] l'axe, G le foyer d'une lentille PS, c'eſt-à-dire, celui des rayons parallèles à l'axe et ſitués fort près de lui. L'épaiſſeur de la lentille ſoit négligée, puiſque la diſtance entière PS eſt ſuppoſée fort petite en comparaiſon de PB. Suppoſons de plus que le rayon parallèle qui tombe ſur la lentille au point D ſe meuve enſuite ſelon DH, faiſant l'aberration GH, mais que celui qui tombe parallèlement ſur la lentille au point S ſe meuve ſelon SI, faiſant l'aberration GI. Lorſqu'on trace les droites DG et SG, les angles d'aberration dont nous voulons parler ſont GSI et GDH. Je dis que ces angles ſont entre eux à peu près comme les troiſièmes puiſſances de SP et de DP.

En effet, ſoit GC perpendiculaire à l'axe et puiſſent les droites DH et SI prolongées couper cette perpendiculaire aux points K et C. Les angles GSC et KDG ſont donc cenſés être entre eux dans le rapport CG : GK, attendu que DP et SP ſont fort petites par rapport à PG. Or, le rapport CG : KG eſt égal à celui compoſé des rapports CG : GI, GI : GH et GH : GK, dont le premier, CG : GI, eſt égal à SP : PI ou à SP : PG, parce que IG eſt fort petite par rapport à PG. D'autre part le deuxième rapport GI : GH eſt égal au rapport $PS^2 : PD^2$, d'après la prop. VII, part. II [1]). Et le troiſième rapport GH : GK eſt égal à HP : PD, c'eſt-à-dire à GP : PD, parce que HG eſt fort petite par rapport à GP. Par conſéquent, le rapport CG : KG ſera compoſé des rapports SP : PG, PG : PD et $PS^2 : : PD^2$. Mais de ceux-ci les deux premiers forment le rapport SP : PD. Le rapport compoſé des trois rapports en queſtion ſera donc égal à $SP^3 : PD^3$. Ainſi nous avons démontré que le rapport CG : KG, ou bien celui des angles d'aberration CSG et KDG, eſt à peu près égal à $SP^3 : PD^3$, c'eſt-à-dire au cube du rapport SP : PD.

Suppoſons maintenant que les rayons incidents tombant ſur la lentille aux points D et S viennent d'un point auquel le point B eſt conjugué, et que BF repréſente l'aberration du rayon tombant ſur la lentille au point D, tandis que BL eſt l'aberration du rayon qui tombe ſur la lentille au point S. Puiſque, d'après le lemme 2 [2]), on a donc que PG^2 eſt à PB^2 comme GH eſt à BF, et de même comme IG à LB, on obtiendra, par permutation et converſion, IG : GH = = LB : BF. Mais nous avions IG : GH = $SP^2 : DP^2$, donc auſſi LB : BF = = $SP^2 : DP^2$ [3]). En partant de là on démontrera de la même manière qu' on l'a

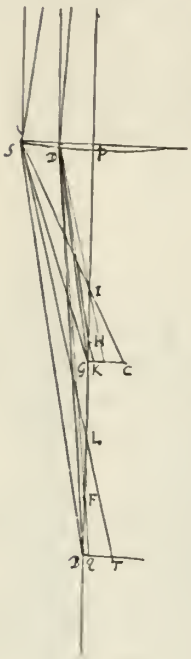
si peu de la leçon présente qu'il ne nous a pas semblé nécessaire de la reproduire. Remarquons seulement qu'elle s'arrête à la ligne 2 d'en haut de la p. 569 après avoir ajouté aux mots „distantiarum SP, PD" la formule consacrée: „qu. er. dem."

refracti angulos aberrationis ex Figura, qui proximè triplicatam rationem habeant ejus, quam diſtantiæ punctorum incidentiæ ab axe.

Primo vero de parallelis oſtendemus.

Sit lentis PS [Fig. 43] axis PB, focus G, radiorum nempe axi parallelorum ab eoque minimo diſtantium. Lentis craſſitudo pro nulla habeatur, quia tota PS valde exigua intelligitur ad PB comparata. Porro radius parallelus qui in D punctum incidit feratur in DH, faciens aberrationem GH. qui vero in S incidit parallelus feratur in SI, faciens aberrationem GI. Junctis igitur DG, SG, erunt anguli aberrationis quos hic intelligimus GSI, GDH. Quos dico proximè triplicatam rationem habere ejus quæ SP ad DP.

[Fig. 43.]



Sit enim GC ad axem perpendicularis, cui occurrant productæ DH, SI in K et C. Cenſentur igitur anguli GSC, KDG eam habere rationem quæ CG ad GK, cum DP, SP ſint minimæ reſpectu PG. Eſt autem ratio CG ad KG eadem compoſitæ ex rationibus CG ad GI, et GI ad GH, et GH ad GK. quarum prima ratio CG ad GI, eadem eſt quæ SP ad PI, vel quæ SP ad PG, quia IG minima eſt reſpectu PG. Item ratio altera GI ad GH eſt eadem quæ quadrati PS ad qu. PD, per prop. [VII, Part. II] [1]). Et tertia GH ad GK eadem quæ HP ad PD, hoc eſt, quæ GP ad PD, quia HG eſt minima reſpectu GP. Itaque ratio CG ad KG, componetur ex rationibus SP ad PG, et PG ad PD, et quadrati PS ad quadratum PD. Sed harum priores duæ efficiunt rationem SP ad PD. Ergo ex tribus compoſita erit eadem quæ cubi SP ad cubum PD. Itaque oſtenſum eſt rationem CG ad KG, ſive anguli aberrationis CSG ad KDG, proxime eſſe eam quæ cubi SP ad cubum PD, hoc eſt triplicatam rationis SP ad PD.

Ponamus jam radios incidentes in D et S, venire à puncto cui conjugatum ſit punctum B, atque eſſe radij in D cadentis aberrationem BF; ejus vero qui in S cadit, aberrationem BL. Cum igitur ex lemmate [2] [2]) ſit ut quadratum PG ad quadratum PB, ita GH ad BF; atque ita quoque IG ad LB, erit permutando, et convertendo, ut IG ad GH ita LB ad BF. Sed IG erat ad GH ut quadratum SP ad quadratum DP, ergo et LB ad BF ut quadratum SP ad quadratum DP [3]).

---

[1]) Voir la p. 309 du Tome présent.

[2]) Voir la p. 559; mais consultez la note 7 de la p. 556, où il est montré quel est le véritable rapport de GH à BF. Toutefois le lemme présent est exact comme nous le montrerons dans la note qui suit.

[3]) La proportion $LB : FB = SP^2 : DP^2$, d'où la démonstration dépend, peut aussi se déduire de la dernière formule de la note 2 de la p. 396. En effet, en appliquant cette formule au calcul

fait antérieurement pour les angles GSI et GDH que les angles BSL et BDF ſont entre eux comme les troiſièmes puiſſances des diſtances SP et PD. En effet, ces angles, ou bien BST et BDQ ſont cenſés être entre eux comme BT eſt à BQ, parce que DP et SP ſont fort petites par rapport à BP. Or, le rapport BT : BQ eſt égal a celui compoſé des rapports TB : BL, BL : BF et BF : BQ. De ceux-ci le premier, TB : BL, eſt égal à SP : PL, ou à SP : PB, parce que LB eſt fort petite par rapport à PB. De même le deuxième rapport, BL : BF, eſt égal à $PS^2 : PD^2$, comme nous l'avons démontré un peu plus haut. Et le troiſième, BF : BQ, eſt égal à FP : PD, c'eſt-à-dire à BP : PD, parce que FB eſt fort petite par rapport à BP. Par conſéquent, le rapport BT : BQ ſera compoſé des rapports SP : PB, PB : PD et $PS^2 : PD^2$; et parce que de ceux-ci les deux premiers forment le rapport SP : : PD, le rapport BT : BQ, c'eſt-à-dire le rapport de l'angle BSL à l'angle BDF, ſera égal à $PS^3 : PD^3$; ce qui reſtait à démontrer.

Proposition XVIII [1]).

Comment on peut conſtruire des microſcopes plus courts et plus groſſiſſants, dans leſquels on conſerve la même clarté et la même netteté, et qui cependant ne ſont pas ſujets à l'inconvénient nommé plus haut qui réſulte d'une plus grande aberration ſphérique [2]).

Suppoſons [3]) de nouveau que nous ayons affaire à deux microſcopes et que tout ſoit comme dans le cas de la propoſition XIV [4]) à cela près que, dans le plus petit microſcope, le rapport de **pb** à la demie-ouverture **pd** ſoit inconnu, ainſi que la diſtance focale **ne** de la lentille oculaire. Mais tout le reſte ſoit conſtruit comme auparavant. Soit en outre dans le plus grand microſcope la diſtance $PB = b$, c'eſt-à-dire celle de la petite lentille P à l'objet; de plus $PN = c$, $NE = d$, PD (largeur de la demi-ouverture) $= a$; BX (longueur de l'objet) $= h$, $NK = n$. Suppoſons toutefois que les diſtances PN et PB des points conjugués ſoient entre elles dans un rapport plus grand que de 6 ou 7 à 1, et que la diſtance focale EN ſoit plus grande que la diſtance focale PO, comme on a cou-

des aberrations longitudinales LB et FB on voit qu'elles sont dans le rapport des épaisseurs, telles qu'elles sont définies par Huygens (p. 277), des lentilles SP et DP. Or, d'après la Prop. I, Part. I, p. 273, ce rapport peut être remplacé par celui de SP^2 à DP^2.

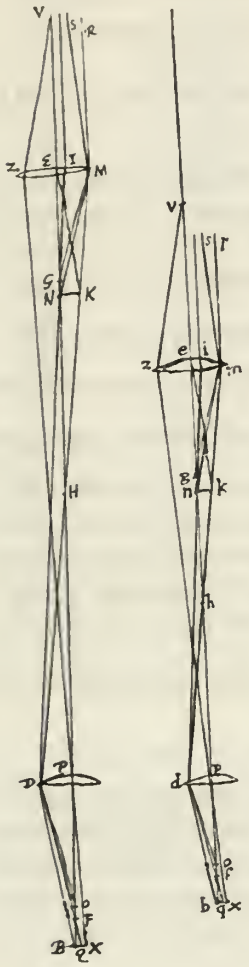
[1]) On trouvera un avant-projet de ce qui va suivre au § 11, deuxième partie, p. 648—650 de l'Appendice IX qui date de 1692.

[2]) L'énoncé qui précède est emprunté à la p. 253 de l'édition de de Volder et Fullenius; comparez la note 4 de la p. 553.

[3]) Au lieu des premières 21 lignes qui suivent au côté latin on trouve dans le manuscrit l'indication suivante: „Repetatur jam figura quæ in inquisitione præcedenti," [voir la

Unde jam, ſicut ante de angulis GSI, GDH, oſtendetur eadem ratione angulos BSL, BDF eſſe in ratione triplicata diſtantiarum SP, PD. Hi enim anguli, ſive BST, BDQ cenſentur eſſe inter ſe ut BT ad BQ, quia DP, SP ſunt minimæ reſpectu BP. Eſt autem ratio BT ad BQ eadem compoſitæ ex rationibus TB ad BL, et BL ad BF, et BF ad BQ. Quarum prima TB ad BL eſt eadem quæ SP ad PL, ſeu quæ SP ad PB, quia LB eſt minima reſpectu PB. Item ratio altera BL ad BF eſt eadem quæ quadrati PS ad quadratum PD, ut paulo ante eſt oſtenſum. Et tertia BF ad BQ eſt eadem quæ FP ad PD, hoc eſt quæ BP ad PD, quia FB eſt minima reſpectu BP. Itaque ratio BT ad BQ componetur ex rationibus SP ad PB, et PB ad PD, et quadrati PS ad quadratum PD. quarum duæ priores cum efficiant rationem SP ad PD, erit ratio BT ad BQ, hoc eſt anguli BSL ad BDF, ea quæ cubi PS ad cubum PD, quod ſupererat demonſtrandum.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



[Propositio XVIII.] [1])

[Quomodo breviora fieri poſſint microſcopia et magis amplificantia, in quibus ſervetur eadem claritas et diſtinctio, nec tamen priori incommodo a majori aberratione ex figura fiant obnoxia.] [2])

Ponantur [3]) bina rurſus microſcopia, atque omnia eadem quæ propoſitione [XIV] [4]), niſi quod incerta ſit, in minori, ratio **pb** ad ſemiaperturam **pd**; itemque incerta lentis ocularis foci diſtantia **ne**. cætera vero omnia eodem modo conſtruantur. Porro in majori microſcopio diſtantia PB ſit ∞ *b*, quâ nempe lenticula P abeſt a viſibili. PN ∞ *c*; NE ∞ *d*. ſemiaperturæ latitudo PD ∞ *a*. BX longitudo rei viſæ ∞ *h*. NK ∞ *n*. Ponamus autem diſtantias punctorum conjugatorum PN ad PB, eſſe in ratione majori, quam 6 vel 7 ad 1, et foci diſtantiam EN majorem eſſe foci diſtantiâ PO. quemadmodum hæc in hujuſmodi micro-

---

Prop. XV, p. 543] „eademque omnia quæ ibi leguntur, usque ad ea verba, Nunc vero quia dimidiam aperturam **pd** pono ∞ *x*, non autem ∞ $\frac{fa}{b}$, post quæ sic nunc pergemus. Erit ex lemmate præmisso", etc. Nous avons cru bien faire de suivre cette indication à l'exemple de de Volder et Fullenius.

[4]) Voir la p. 535.

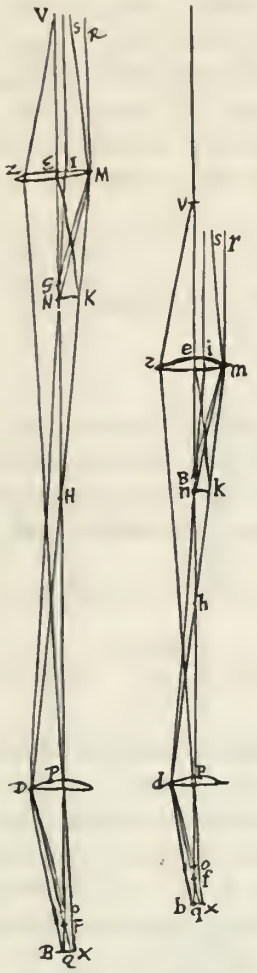
tume, et à bon droit, d'arranger les choſes dans les microſcopes de ce genre. Mais dans le plus petit microſcope poſons la diſtance **pb** $= f$, et **pd** (la demi-ouverture cherchée) $= x$. On aura **pn** $= \frac{cf}{b}$, puiſque nous prenons proportionnelles entre elles les grandeurs BP, PN; **bp**, **pn**. Mais si l'on avait eu BP : PD = **bp** : **pd**, il apparaît que l'on aurait **pd** $= \frac{fa}{b}$ et que l'angle d'aberration **bdq** du rayon venant du point **n** et tombant ſur la lentille **p** ſerait égal à l'angle d'aberration BDQ du rayon venant du point N et tombant ſur la lentille P; parce qu'ici, comme dans le cas de la propoſition XIV[1]), NP : **np** = PB : **pb** et que le rapport des diſtances focales PO et **po** a auſſi la même valeur. Mais maintenant, puiſque je poſe la demi-ouverture **pd** $= x$ et non pas $= \frac{fa}{b}$, on aura, d'après le lemme précédent [2]), que comme le cube de $\frac{fa}{b}$, c'eſt-à-dire $\frac{f^3a^3}{b^3}$, ſera à x^3 ainſi l'angle BDQ ſera à l'angle **bdq**.

D'autre part, ſi les angles NDK et **ndk** étaient égaux, NK ſerait cenſé être à **nk** comme PN eſt à **pn**. Mais maintenant le rapport NK : **nk** ſera cenſé être compoſé du rapport PN : **pn** et de celui des angles NDK et **ndk**, c'eſt-à-dire, du rapport PB : **pb** (ou $b : f$) et de celui de l'angle BDQ à l'angle **bdq**, que nous avons dit être égal á $\frac{f^3a^3}{b^3} : x^3$, c'eſt-à-dire à $f^3a^3 : b^3x^3$. Par conſéquent, on aura NK : : **nk** $= bf^3a^3 : fb^3x^3$, c'eſt-à-dire $= ffa^3 : bbx^3$. Et comme NK $= n$, on aura **nk** $= \frac{nbbx^3}{ffa^3}$. Or, pour que l'angle d'aberration à l'intérieur de l'oeil devînt égal dans les deux cas, les angles KMG et **kmg** devraient être égaux; mais nous pouvons remplacer ces angles par KMN et **kmn** en négligeant, comme plus haut [3]), les accroiſſements NMG et **nmg** de ces angles, attendu qu'ils ſont extrêmement petits par rapport à eux, et cela avec encore plus de droit que dans la recherche précédente [4]). Comme donc NK est à NM, ou NE, c'eſt-à-dire, comme n eſt à d, ainſi, eſtimons-nous, ſera **nk** à **nm** (ou **ne**), c'eſt-à-dire $\frac{nbbx^3}{ffa^3}$ à **ne**, laquelle aura donc la valeur $\frac{dbbx^3}{ffa^3}$.

Ensuite, comme les longueurs égales des petites lignes BX, **bx** sont vues par le microſcope donné ſous l'angle EVZ, par l'autre ſous l'angle **evz**, PBD doit être à **pbd** comme l'angle EVZ eſt à l'angle **evz**. En effet, de cette façon les quantités de lumière qui entrent dans l'un et l'autre microſcope feront entre elles comme les grandeurs apparentes, et, par conſéquent, la clarté ſera la même dans les deux

[1]) Voir la p. 535.
[2]) Voir la p. 565.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



ſcopijs rectè ſtatui ſolent. at in minori microſcopio aſſumatur diſtantia **pb** ∞ f; ſemiapertura quæſita **pd** ∞ x. Erit autem **pn** ∞ $\frac{cf}{b}$, quia proportionales ponimus BP, PN; **bp**, **pn**. Quod ſi fuiſſet ut BP ad PD ita **bp** ad **pd**, apparet futuram **pd** ∞ $\frac{fa}{b}$, et angulum aberrationis **bdq**, radij ex **n** venientis in lentem **p**, æqualem futurum angulo aberrationis BDQ radij ex N venientis in lentem P: Quia ſicut prop. [XIV] [1]) ita hic quoque ut NP ad **np**, ita PB ad **pb**, et ita quoque foci diſtantia PO ad **po**. Nunc vero quia ſemi-aperturam **pd** pono ∞ x, non autem ∞ $\frac{fa}{b}$, erit ex lemmate præmiſſo [2]) ut cubus ex $\frac{fa}{b}$, hoc eſt, ut $\frac{f^3a^3}{b^3}$ ad x^3, ita angulus BDQ ad angulum **bdq**.

Rurſus ſi æquales eſſent anguli NDK, **ndk**, cenſeretur eſſe NK ad **nk** ut PN ad **pn**. Nunc vero ratio NK ad **nk** componi cenſebitur ex rationibus PN ad **pn**, et ea quæ anguli NDK ad **ndk**; hoc eſt ex rationibus PB ad **pb** ſeu b ad f, et anguli BDQ ad **bdq**; quam diximus eſſe eandem quæ $\frac{f^3a^3}{b^3}$ ad x^3, ſive quæ f^3a^3 ad b^3x^3, ac proinde erit NK ad **nk** ut bf^3a^3 ad fb^3x^3, hoc eſt ut ffa^3 ad bbx^3. Cumque NK ſit ∞ n, erit **nk** ∞ $\frac{nbbx^3}{ffa^3}$. Jam quo aberrationis angulus utrobique intra oculum æqualis fiat, deberent eſſe æquales anguli KMG, **kmg**; ſed pro his ponemus KMN, **kmn**, neglectis ut ſupra [3]) acceſſionibus angulorum NMG, **nmg**, quia exigui prorſus ſunt illorum reſpectu, ac magis etiam quam in diſquiſitione præcedenti [4]). Sicut igitur NK ad NM ſeu NE, hoc eſt ſicut n ad d, ita cenſebitur eſſe **nk** ad **nm** ſeu **ne**, hoc eſt, $\frac{nbbx^3}{ffa^3}$ ad **ne**, quæ itaque erit ∞ $\frac{dbbx^3}{ffa^3}$.

Jam porro quia eadem longitudo lineolæ BX, **bx**, in dato quidem microſcopio ſpectatur angulo EVZ, in altero autem angulo **evz**; debet eſſe ut angulus EVZ ad **evz** ita PBD ad **pbd**. Sic enim lux hauſta utroque microſcopio erit ut apparens magnitudo, ac proinde eadem utrique claritas. Ergo et permutando, angulus

[3]) Comparez la note 6 de la p. 562.

[4]) Consultez à ce propos le deuxième alinéa de la note 1, p. 574, qui suit.

cas. On aura donc aussi, par permutation, que l'angle EVZ est à l'angle PBD comme **evz** est à **pbd**. Or, le rapport des angles EVZ à PBD se compose du rapport des angles EVZ à EPZ (ou BPX) et BPX à PBD, c'est-à-dire des rapports PE : EV, ou PN : NE [1]), et BX : PD, en d'autres termes, des rapports $c : d$ et $h : a$; il a, par conséquent, la valeur $ch : da$. Donc aussi le rapport des angles **evz** et **pbd** doit avoir cette même valeur. Mais ce rapport de l'angle **evz** à l'angle **pbd** est composé du rapport de l'angle **evz** à l'angle **epz**, ou **bpx**, et de celui de l'angle **bpx** à **pbd**; c'est-à-dire, des rapports **pe** : **ev**, ou **pn** : **ne**, et **bx** : **pd**; en d'autres termes, des rapports $\frac{cf}{b} : \frac{dbbx^3}{ffa^3}$ et $h : x$. Ce rapport est donc égal à $\frac{hcf}{b} : \frac{dbbx^4}{ffa^3}$. Par conséquent, le rapport $ch : da$ doit être égal au rapport $\frac{hcf}{b} : \frac{dbbx^4}{ffa^3}$. Il en résulte $x^4 = \frac{f^3a^4}{b^3}$, et $x = a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$ [2]).

Si nous exigeons maintenant que le microscope trouvé grossisse les objets deux fois plus que le microscope donné, il faut pour la raison que nous avons exposée dans la recherche précédente, que l'angle **dbp** soit deux fois plus grand que DBP, et puisque BP est à PD comme b est à a, il faudra que **bp** soit à **pd**, c'est-à-dire f à $a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$, comme b est à $2a$. On en conclut $f = \frac{1}{16}b$, partant x ou $a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}} = \frac{1}{8}a$. Et la distance focale **en** qui était $\frac{dbbx^3}{ffa^3}$ acquiert la valeur $\frac{1}{2}d$.

D'après ces considérations, l'on pourra, en partant de notre microscope, dont nous avons indiqué les dimensions dans une investigation antérieure [3]), en construire un autre d'un grossissement linéaire double (la clarté et la netteté restant les mêmes), dans lequel **po** sera de $\frac{7}{160}$ pouce, **en** $= 1$, la distance **np** $= \frac{7}{16}$, **pb** $= \frac{7}{144}$, **ev** $= \frac{23}{7}$ [4]), le rayon de l'ouverture **pd** $= \frac{1}{160}$. Et en poursuivant le procédé de la règle en question, l'on pourra de la même façon aller plus loin et prendre la distance focale **po** de la petite lentille aussi petite que l'on veut. En effet, ni l'aberration sphérique, ni l'obscurité ne seront jamais nuisi-

[1]) C'est-à-dire, à cause de la correspondance des points P et V par rapport à la lentille ZM; comparez la Prop. XIV à la p. 535.

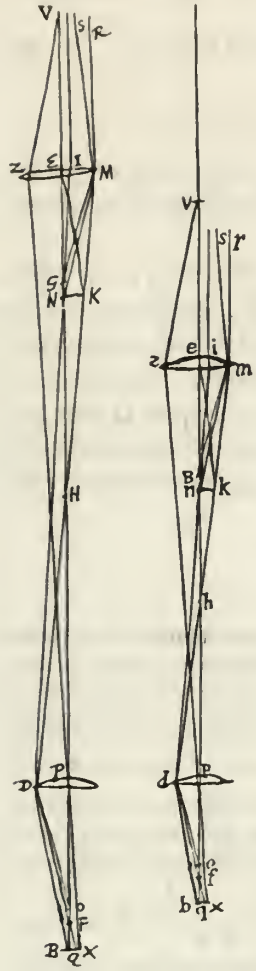
[2]) Voici donc la règle à laquelle on est arrivé. Soient toujours PD (Fig. 38) $= a$, PB $= b$, PN $= c$, NE $= d$, PO $= e$, alors, en posant $f = k^4b$, on aura dans le second microscope: **pd** $= k^3a$, **pb** $= k^4b$, **pn** $= k^4c$, **ne** $= kd$, **po** $= k^4e$, où le rapport du nouveau grossissement à l'ancien est représenté par $k^{-1} : 1$. De cette manière, en effet, l'angle d'aberration, ou plutôt l'angle NMK, que Huygens suppose lui être égal avec une approximation suffisante, ne changera pas, puisqu'on a, d'après la note 5, p. 562, $\angle NMK = (1 + \zeta)\epsilon_1 a^3ce^{-3}d^{-1}$.

[3]) Voir la p. 549.

[4]) Puisqu'on a (voir plus haut) PE : EV = PN : NE, on trouve aisément que dans le micros-

EVZ ad PBD ut **evz** ad **pbd**. Ratio autem anguli EVZ ad PBD componitur ex rationibus anguli EVZ ad EPZ ſeu BPX, et BPX ad PBD; hoc eſt ex rationibus PE ad EV, ſeu PN ad NE [1]), et BX ad PD; hoc eſt ex rationibus c ad d, et h ad a, ac proinde eſt ea quæ ch ad da. Ergo et ratio anguli **evz** ad **pbd** debet eſſe ea quæ ch ad da. Hæc autem ratio anguli **evz** ad **pbd** componitur ex rationibus anguli **evz** ad **epz** ſeu **bpx**, et **bpx** ad **pbd**; hoc eſt, ex rationibus **pe** ad **ev**, ſeu **pn** ad **ne**, et **bx** ad **pd**; hoc eſt, ex rationibus $\frac{cf}{b}$ ad $\frac{dbbx^3}{ffa^3}$, et h ad x: ac proinde eſt ea quæ $\frac{hcf}{b}$ ad $\frac{dbbx^4}{ffa^3}$. Igitur eadem ratio ch ad da quæ $\frac{hcf}{b}$ ad $\frac{dbbx^4}{ffa^3}$. Unde fit $x^4 \infty \frac{f^3a^4}{b^3}$. Et $x \infty a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$ [2]).

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



Quod ſi jam velimus ut microſcopium inventum duplo magis amplificet res viſas quam quod erat datum: oportet eandem ob cauſam, quam expoſuimus in præcedenti inquiſitione, ut angulus **dbp** duplo major ſit quam DBP, cumque BP ad PD ſit ut b ad a, debebit eſſe **bp** ad **pd**, hoc eſt f ad $a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$ ut b ad $2a$. Unde fit $f \infty \frac{1}{16} b$. atque hinc x, ſive $a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}} \infty \frac{1}{8}a$. Et foci diſtantia **en**, quæ erat $\frac{dbbx^3}{ffa^3} \infty \frac{1}{2}d$.

Secundum quæ ex noſtro microſcopio cujus menſuras in priori diſquiſitione poſuimus [3]), fiet aliud duplo magis amplificans ratione diametri (ſervata eadem claritate ac diſtinctione,) in quo **po** erit $\frac{7}{160}$ poll. **en** ∞ 1. diſtantia **np** $\infty \frac{7}{16}$, **pb** $\infty \frac{7}{144}$, **ev** $\infty \frac{23}{7}$ [4]), ſemidiameter aperturæ **pd** $\infty \frac{1}{160}$. atque ita ulterius progredi licet ex hujus regulæ præſcripto, ponendo lenticulæ foci diſtantiam **po** quamlibet exiguam. nec enim aberratio ex figura, nec obſcuritas unquam nocebunt,

cope donné on aura $EV = \frac{d(c+d)}{c}$. On en déduit, d'après les données de la note 2, **ev** $= \frac{d(kc + k^{-2}d)}{c}$, ce qui, pour $k = \frac{1}{2}$, $d = 2$, $c = 7$, amène, en effet, **ev** $= \frac{23}{7}$. On voit, de plus, que la distance **ev** de l'oeil à l'oculaire dépendra d'une manière assez compliquée du coefficient k, et qu'elle finira par s'accroître démesurément quand on diminue de plus en plus les dimensions du microscope d'après la règle donnée.

bles, attendu qu'elles reſtent toujours les mêmes [1]). Et l'autre aberration, celle qui réſulte de la diſperſion du rayon, ne nuira pas non plus, vu qu'elle devient chaque fois plus petite [2]). Mais la largeur auprès de la pupille reſtera la même que dans notre microſcope, car cette largeur **ei** y avait la valeur $\frac{ad}{c}$, comme nous l'avons démontré plus haut [3]), tandis qu'ici, puiſqu'on a **np** $\left(\text{ou } \frac{cf}{b}\right)$: **pd** $\left(\text{ou } \frac{a\sqrt{\sqrt{f^3}}}{\sqrt{\sqrt{b^3}}}\right) =$ **ne** $\left(\text{ou } \frac{d\sqrt{\sqrt{f}}}{\sqrt{\sqrt{b}}}\right)$: **ei**, on obtient de nouveau **ei** $= \frac{ad}{c}$.

D'après cette règle il exiſte donc une progreſſion infinie [4]) dans l'augmentation des pouvoirs du microſcope [5]), ſi nous admettons qu'il eſt poſſible de fabriquer des lentilles arbitrairement petites.

Or, dans ces recherches nous ſuppoſions que le rapport BP : PN, c'eſt-à-dire celui des diſtances des deux points conjugués à la lentille P, garde toujours la même valeur. Mais nous pouvons auſſi, ſans faire cette ſuppoſition, trouver des règles générales, aſſez différentes des précédentes, mais tendant toutefois au même but; nous énoncerons ces règles en peu de mots, ſans indiquer la voie par laquelle elles ont été trouvées pour ne pas nous attarder plus longtemps ſur ce ſujet. D'ailleurs elles s'appuient ſur les mêmes fondements que nous avons déjà fait connaître.

---

[1]) On remarquera que Huygens n'a pas égard ici à ce que, en supposant l'angle d'aberration égal à NMK, il a négligé l'angle GMN; or, nous avons donné dans la note 6, p. 562, les conditions qui doivent être remplies pour que cela soit permis. Des deux fractions qui doivent rester petites, la première s'agrandira dans la proportion k^{-3} et l'autre dans la proportion $\left(\frac{c + k^{-3} d}{c + d}\right)^3$. Toutefois, puisque pour le microscope étalon ces fractions sont très petites, on pourra pousser assez loin l'augmentation du grossissement même suivant la règle présente.

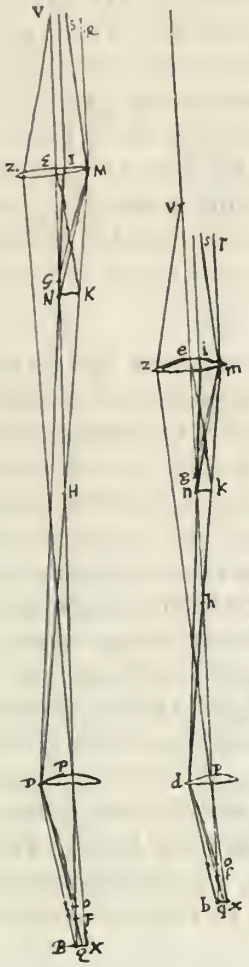
Si nous considérons maintenant du même point de vue la règle de la Prop. XV, c'est-à-dire celle de la note 6 de la p. 565, on verra que, suivant cette règle, lorsqu'on y remplaçe k par k_1, les fractions s'agrandiront dans les proportions k_1^{-1} et $\left(\frac{k_1^{-\frac{4}{3}} c + k_1^{-\frac{7}{3}} d}{c + d}\right)^3$; où, pour avoir la même augmentation du grossissement dans les deux cas, on doit supposer k_1 égale à k. De cette manière on s'aperçoit que l'assertion de Huygens qu'on trouve à la p. 571, ligne 8 et 7 d'en bas, que l'angle GMN pourrait être négligé avec plus de droit suivant la règle de la présente proposition que d'après celle de la Prop. XV, n'est pas justifiée.

[2]) En effet, puisqu'on sait, d'après la note 4, p. 554, que l'angle d'aberration chromatique égale $\eta acd^{-1}e^{-1}$, il est clair que par la règle de la note 2, p. 572, cet angle se réduit dans le rapport de 1 à k^2.

D'ailleurs Huygens avait motivé son assertion dans le passage, biffé depuis, qui suit: „Etenim minorem esse in hoc novissime reperto microscopio quam in nostro unde deductum fuit, facile intelligemus si ad alterum illud quod priore Regula"

quippe ſemper eædem manentes [1]). neque etiam aberratio altera quæ ex radij diſſipatione oritur obſtabit, cum continuè minuatur [2]). Latitudo vero ad pupillam eadem quæ in noſtro manebit, erat enim ibi iſta latitudo **ei** $\infty \frac{ad}{c}$, ut ſupra demonſtratum [3]). Hic vero quia ut **np**, hoc eſt $\frac{cf}{b}$, ad **pd**, hoc eſt $\frac{a\sqrt{\sqrt{f^3}}}{\sqrt{\sqrt{b^3}}}$, ita **ne**, hoc eſt $\frac{d\sqrt{\sqrt{f}}}{\sqrt{\sqrt{b}}}$, ad **ei**, fit rurſus **ei** $\infty \frac{ad}{c}$.

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



Eſt igitur ex hac Regula progreſſio infinita [4]) in propagandis microſcopij viribus [5]) ſi lenticulas quamlibet exiguas parari poſſe ponamus.

In hiſce vero diſquiſitionibus eandem ſemper ſervari ſtatuimus rationem BP ad PN, quam nempe habent diſtantiæ punctorum conjugatorum ab lente P. Poſſumus autem et abſque eo regulas generales invenire, nonnihil à prioribus diverſas, atque eodem tamen tendentes, quas breviter perſcribemus, omiſſa inveſtigandi ratione, ne nimis diutius hic obhæreamus. Nituntur autem ijſdem, quæ jam expoſuimus, fundamentis.

[celle de la prop. XV, qu'on trouve résumée dans la note 6, p. 565] „ordinatum fuit attendamus, in quo **po** erat $\frac{1}{4}$ PO sive $\frac{7}{40}$ poll." [voir la p. 549] „**ne** vero 1 poll. Sicut et hic, et ratio **np** ad **pb** eadem quoque. Apparet enim ita se habere illud prius microscopium ad posterius hoc, ut in Propos. [XIV, p. 535] ſe habebat datum ad inventum, ac proinde minorem in posteriore fore aberrationem quam in priore. Erat autem in priore eadem aberratio ex dissipatione quæ in nostro. Itaque in posteriore minor erit quam in nostro."

[3]) Voir l'alinéa qui commence en bas de la p. 549.

[4]) Voir toutefois le premier alinéa de la note 1, p. 574.

[5]) Au lieu de la fin de phrase qui va suivre on lisait primitivement: „nisi obstaret lenticulæ parvitas, quæ quanta sit jam nunc in adducto exemplo apparet, nec facile ratio invenietur qua tantillis corpusculis perfecta ſphærica superficies inducatur." Et ces mots biffés sont suivis encore de la phrase inachevée „Sed est aliud præterea in microscopijs præter modum ampliantibus incommodum, quod tam" dans laquelle Huygens, sans doute, fait allusion à l'inconvénient de l'épaisseur de plus en plus petite, à mesure que le grossissement augmente, de la couche optique qui est vue d'une manière distincte. Consultez la note 7 de la p. 687.

Proposition XIX.

Étant donc reproduite la figure de la propofition XIV [1]), fi l'on demande de conftruire un microfcope compofé de deux lentilles convexes **e** et **p** (Fig. 39), lequel poffède une diftance focale donnée de la lentille oculaire **e**, et de même un groffiffement donné, et pour lequel microfcope l'angle de l'aberration provenant de la difperfion du rayon [2]) ainfi que la clarté foient les mêmes que pour un autre microfcope donné compofé des lentilles E et P [Fig. 38], la diftance focale de la petite lentille inférieure **p**, fa pofition et fon ouverture feront trouvées de la manière fuivante.

Suppofons la diftance focale donnée **en** de la lentille oculaire **e** égale à la ligne d, et foit demandé de faire en forte que la grandeur apparente foit à celle qu'on apercevrait à une certaine diftance, par exemple de 8 pouces [3]) (diftance que nous appellerons ω), comme ω eft à une ligne donnée q. On exige en outre que l'angle d'aberration, que nous avons dit être **nmk** [4]), foit égal à l'angle NMK dans l'autre microfcope qui eft donné; angle que nous définiffons par le rapport de la ligne KM à KN ou EN à KN, qui foit égal au rapport de ω à une ligne donnée s; c'eft-à-dire, nous voulons que le rapport **en** à **nk** ait la même valeur. Suppofons de plus qu'une même clarté doive être obtenue que dans le microfcope donné, il en fera ainfi fi, prenant la largeur **bx** de l'objet égale à BX, nous rendons le rapport de l'angle **zve** à l'angle **dbp** égal au rapport des angles ZVE et DBP, comme cela s'entend par ce qui a été expofé plus haut [5]). Or, foit ce rapport égal à celui de ω à une ligne g; on en trouve la valeur en remarquant qu'il eft compofé du rapport des angles ZVE à ZPE ou BPX, et celui de BPX à PBD; c'eft-à-dire des rapports PE : EV, ou PN : NE (à caufe de la proportionalité de PN, de PE et de PV [6])), et BX : PD. Appelons de plus h la ligne BX, y la diftance focale **po** de la petite lentille cherchée et x la diftance **pb** de l'objet. La règle fera exprimée par la formule

$$y = \frac{50.sqqdd}{gh(q+d)^2}\ ^{7}).$$

Lorfque y fera connue, on trouvera x qui aura la valeur

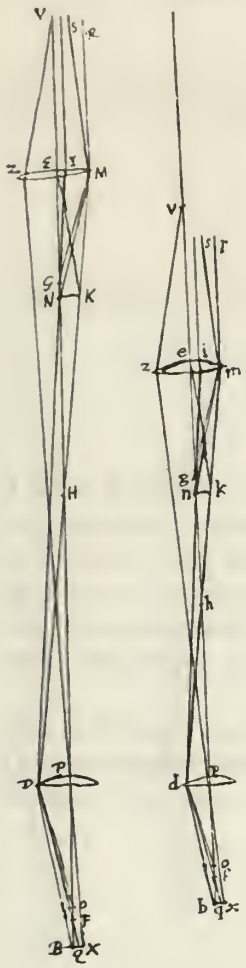
$$\frac{qy + dy}{d}.$$

---

[1]) On trouve en marge „v.p. 154", d'où il résulte qu'il s'agit des figures 38 et 39 de la p. 535, que nous reproduisons ici.

[2]) En vérité la proposition présente a une portée plus étendue puisque l'aberration sphérique,

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



[Propositio XIX.]

Repetita igitur figura Propoſ. [XIV] [1]), ſi microſcopium è duobus convexis **e** et **p** compoſitum [Fig. 39] quæratur, quod datam habeat lentis ocularis **e** foci diſtantiam, itemque datam amplificationem, et in quo angulus aberrationis ex diſſipatione radij [2]), ut et claritas ſit eadem quæ in alio dato microſcopio ex lentibus E et P compoſito [Fig. 38]; invenietur foci diſtantia lenticulæ inferioris **p**, ejuſque poſitus et apertura hoc modo.

Sit lentis ocularis **e** foci diſtantia **en** data æqualis *d* lineæ. poſtuletur vero ut magnitudo apparens ſit ad eam quæ ex certa diſtantia, puta 8 pollicum [3]), ſpectaretur, (quæ diſtantia vocetur ω) ut ω ad q lineam datam. Angulus vero aberrationis, quem diximus eſſe **nmk** [4]), requiratur æqualis angulo NMK, in altero dato microſcopio; quem definimus proportione lineæ KM ad KN ſeu EN ad KN, quæ ſit ea quæ ω ad datam *s*. ut nempe eandem hanc habeat **en** ad **nk**. Claritas denique eadem quoque præſtanda ſit quæ in microſcopio dato, quod fiet ſi, poſita rei viſæ latitudine **bx** ∞ BX, eadem ſit ratio anguli **zve** ad **dbp**, quæ anguli ZVE ad DBP, ut ex ſuperioribus intelligitur [5]). Sit autem hæc ratio ea quæ ω ad *g*, quæ inde invenitur quod compoſita ſit ex rationibus anguli ZVE ad ZPE ſeu BPX, et BPX ad PBD; hoc eſt, ex rationibus PE ad EV, ſeu PN ad NE (propter proportionales PN, PE, PV [6])), et ratione BX ad PD. Porro BX dicatur *h*; lenticulæ verò quæſitæ foci diſtantia **po** ∞ *y*; diſtantia rei viſæ **pb** ∞ *x*. Eritque regula hujuſmodi $y \infty \frac{50.\,sqqdd}{gh.\,\text{in qu.}\,q+d}$ [7]). Cognita vero *y* invenietur et *x* quæ erit $\frac{qy+dy}{d}$. Semidiameter vero aperturæ **pd**

elle aussi, est prise en considération, à commencer à la p. 581.

[3]) Il s'agit de la distance de la vision distincte; comparez la p. 529.

[4]) Voir la p. 547.

[5]) Voir l'alinéa qui commence en bas de la p. 571.

[6]) Comparez la note 1 de la p. 572.

[7]) Voir pour la déduction de cette règle et de la suivante le § 21 de l'Appendice IX, p. 665.

Et le rayon de l'ouverture fera

$$\mathbf{pd} = \frac{50.dqs}{\omega q + \omega d}\ ^{1}).$$

Il faut favoir que dans ces formules le nombre 50 provient de ce que dans le cas de cette aberration caufée par la difperfion on pofe toujours BQ $= \frac{1}{50}$PD, comme nous l'avons dit plus haut [2]).

Enfin **pn** [3]) aura la valeur

$$\frac{dy + qy}{q}\ ^{4}).$$

Or, il apparaît, attendu que la valeur de y peut auffi être exprimée par la formule

$$y = \frac{50.sdd}{gh + \frac{2ghd}{q} + \frac{ghdd}{qq}},$$

que, plus on fuppofe petite la valeur de q, c'eft-à-dire plus on fuppofe grand le groffiffement $\omega : q$, plus le divifeur de cette quantité fera grand et plus petite fera, par conféquent, la longueur y, c'eft-à-dire la diftance focale **po**. On voit donc que de cette façon on peut, en diminuant les dimenfions de la petite lentille **p**, augmenter autant qu'on le défire le pouvoir du microfcope, du moins en tant que l'autre aberration, celle qui provient de la fphéricité, ne s'y oppofe pas; pour laquelle nous indiquerons un peu plus loin une autre règle.

Mais fi nous fuppofons donnée la petite lentille **p** et non pas l'oculaire **e**, nous trouverons que dans ce cas le groffiffement ne peut être augmenté que fort peu [7]). En effet, fi nous appelons r la diftance focale donnée **po**, tandis que les autres lettres ont la même fignification qu' auparavant, on trouve:

$$xx = \frac{50.qqrs}{hg}\ ^{8}),$$

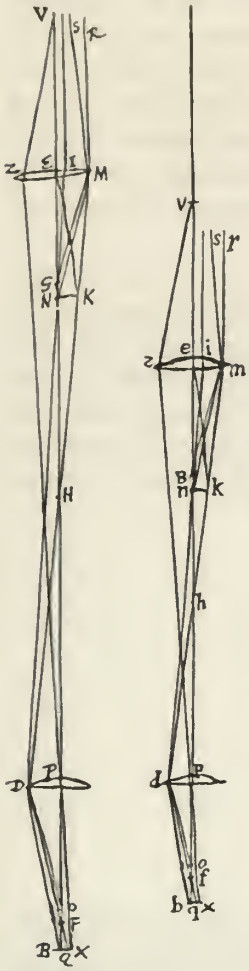
---

[1]) On a **dp** $= x\angle$**dbp**; mais $\angle$**dbp** $= \frac{g}{\omega}\angle$**zve** et on sait enfin que **zve**, qui représente la grandeur apparente de l'objet **bx**, doit être à la grandeur $h : \omega$ du même objet placé à la distance ω comme ω est à q. Il en résulte **pd** $= \frac{xgh}{q\omega} = \frac{gh(q+d)y}{dq\omega} = \frac{50\,dqs}{\omega(q+d)}$, conformément au résultat annoncé dans le texte.

[2]) Voir la neuvième ligne de la p. 485 et la note 3 qui y appartient.

[3]) Une leçon antérieure, rejetée depuis, faisait suivre: „Quæ quidem exemplo probare licebit. Si enim fit lentis ocularis foci distantia $d \infty 2$ poll. $\omega \infty 8$ poll. Proportio ampliationis quæ 36 ad 1, ac proinde $q \infty \frac{2}{9}$ poll. sic enim ω ad q ut 36 ad 1. porro $s \infty \frac{1}{25}$; $h \infty \frac{1}{20}$: $g \infty \frac{16}{7}$. erit jam $p\ (\infty q + d) \infty \frac{20}{9}$, et invenitur $y \infty \frac{7}{10}$. $x \infty \frac{7}{9}$. PD $\infty \frac{1}{20}$. Item positis proportionalibus BO, BP, BN,

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



erit $\frac{50.\,dqs}{\omega q+\omega d}$ [1]). in quibus ſciendum eſt numerum 50 inde eſſe quod in hac aberratione quæ ex diſſipatione eſt ponitur ſemper BQ ∞ $\frac{1}{50}$ PD, ut in ſuperioribus dictum fuit [2]); **pn** [3]) denique erit ∞ $\frac{dy+qy}{q}$ [4]). Apparet autem quia hic valor y etiam ſic exprimi poteſt, $y \infty$ $\infty \frac{50.sdd}{gh+\frac{2ghd}{q}+\frac{ghdd}{qq}}$, quanto minor ponetur q, hoc eſt quanto major ratio multiplicationis ω ad q, tanto minorem [5]) fore diviſorem quantitatis hujus, ac tanto majorem [6]) proinde longitudinem y, ſeu foci diſtantiam **po**. atque ita, diminuenda lenticula **p**, poſſe quantum libet augeri microſcopij virtutem, niſi quatenus altera aberratio obſtabit, quæ ex figura ſuperficiei ſphæricæ pendet, cui paulo poſt aliam regulam applicabimus.

Sed ſi datam ponamus lenticulam **p**, non autem ocularem **e**, inveniemus non poſſe tunc augeri amplificationem niſi paulò tantum [7]). Si enim foci diſtantia data **po** vocetur r, cæteris eadem, quæ prius ſignificantibus, invenitur $xx \infty$ $\infty \frac{50.qqrs}{hg}$ [8]). ubi apparet, quanto minor ponetur q, hoc eſt,

---

fiet PN ∞ 7, et PE ∞ 9. quæ omnia conveniunt nostro microscopio superius" [p. 549] „descripto eoque regulam hanc comprobant, omnia enim data ex illo adsumsimus. quod in cæteris quidem facile apparet, in claritate autem et angulo aberrationis sic ostenditur." Après quoi on trouve quelques phrases qui préparent le calcul des quantités g et s à l'aide des données du microscope étalon, tandis que le reste de ce calcul se trouvait sur une feuille qui manque. Mais nous pouvons renvoyer à ce propos à l'alinéa qui commence en bas de la p. 581 qui suit.

[4]) Puisque **b** et **n** sont des points correspondants on aura, **bo**$(x-y)$: **bp**(x) = **bp**(x) : : **bn**$\left(\frac{x^2}{x-y}\right)$; donc, **pn** $= \frac{x^2}{x-y} - x = \frac{xy}{x-y} = \frac{(d+q)y}{q}$.

[5]) Lisez: „majorem".

[6]) Lisez: „minorem".

[7]) On peut comparer à propos de cette conclusion le § 20, p. 663, et le § 22, p. 668, de l'Appendice IX de 1692.

[8]) C'est-à-dire, en éliminant $q+d$ entre les équations $r = \frac{50\,sqqdd}{gh(q+d)^2}$ et $x = \frac{q+d}{d}\,r$.

d'où il résulte que, plus on suppose q petite, c'est-à-dire, plus on suppose grand le grossissement $\omega : q$, plus petit aussi devient la longueur x. Mais x, ou **pb**, doit être plus grande que r, ou **po**. Par conséquent, si dans un microscope de ce genre on prend au commencement **pb** plus petite que 2 **po** (ce qu'il faut faire dans tous les cas, comme dans notre microscope décrit plus haut [1]), où le rapport **pb** : **po** n'a que la valeur 10 : 9), on ne pourra pas donner à q une valeur deux fois plus petite qu'auparavant; c'est-à-dire le grossissement ne pourra pas être doublé, parce qu'alors la nouvelle valeur de x serait égale à la moitié de la première, donc inférieure à r.

Toute la perfection d'un microscope de ce genre doit donc être cherchée dans la petitesse de la lentille inférieure; il faut en calculer les dimensions d'après la formule donnée un peu plus haut, jusqu'au point où l'aberration sphérique commencerait à être nuisible; c'est-à-dire aussi longtemps que l'angle NMK de cette aberration aura une valeur inférieure à 20′ [2]). Mais si l'on exige un grossissement plus fort, il faut, en partant du microscope donné, où cet angle ne sera pas plus grand que 20′, en trouver un autre d'après une règle exprimée par la formule suivante:

$$y = \frac{6d^4q^4s}{7gh^3(q+d)^4} \text{ [3]};$$

et dans ce cas l'on aura de nouveau:

$$x = \frac{qy + dy}{d},$$

$$\mathbf{pn} = \frac{dy + qy}{q};$$

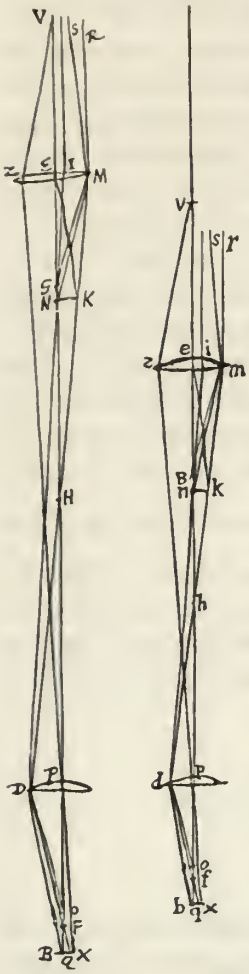
mais **pd** aura ici la valeur

$$\sqrt[3]{\frac{6}{7}\frac{sqdy^2}{\omega q + \omega d}} \text{ [4]}.$$

Et il faut savoir en outre que le rapport de l'angle ZVE à l'angle DBP dans le microscope donné est maintenant supposé égal au rapport $\sqrt[3]{\omega} : \sqrt[3]{g}$. Et de cette façon q peut être diminuée autant qu'on veut, c'est-à-dire le grossissement peut être rendu toujours plus fort, tandis que la lentille oculaire ainsi que la netteté et la clarté de l'image restent les mêmes. Mais la distance focale de la petite lentille diminuera davantage. Quant au nombre $\frac{6}{7}$ qui figure comme facteur dans ces formules, il provient de ce que nous supposons la petite lentille **p** planconvexe, la surface plane étant tournée vers le dessous; l'aberration sphérique pour un rayon extrême parallèle à l'axe est pour cette lentille égale à $\frac{7}{6}$ fois son épaisseur, comme nous l'avons démontré plus haut [5]). Ainsi, si nous supposons la petite lentille **p** également convexe de part et d'autre, le facteur numérique sera $\frac{3}{5}$, parce que l'aberration due à une lentille de ce genre est égale à $\frac{5}{3}$ fois son épaisseur [6]).

Du reste, afin que nous donnions un exemple de l'une et de l'autre règle, et

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



quo major ratio amplificationis ω ad q, eo minorem fieri x. atqui x, ſeu **pb**, debet eſſe major quam r, ſeu **po**. Ergo ſi in hujuſmodi microſcopio ponatur ab initio **pb** minor quam dupla **po**; (ut omnino faciendum, et in noſtro ſuperius deſcripto [1]) eſt **pb** ad **po** tantum ut 10 ad 9) non poterit q duplo minor quam prius adſumi; hoc eſt, non poterit duplicari ampliatio, quia x fieret dimidia prioris, ac proinde minor quam r.

Omnis igitur microſcopij hujuſmodi perfectio in lenticulæ inferioris parvitate quærenda eſt; computando ex præſcripto regulæ modo traditæ, quoad aberratio ex figura non oberit; hoc eſt, quoad ejus angulus NMK infra 20′ conſiſtet [2]). Sed ſi major ampliatio poſtuletur, oportet ex dato microſcopio in quo angulus hic non erit major quam 20′, invenire aliud ex regula, quæ eſt hujuſmodi, $y \infty \infty \frac{6d^4q^4s}{7gh^3 \text{ in qu. qu. } \overline{q+d}}$ [3]), ubi rurſus erit $x \infty \frac{qy+dy}{d}$, **pn** $\infty \infty \frac{dy+qy}{q}$, ſed **pd** fit hic $\infty \sqrt[3]{\frac{6}{7}\frac{sqdy^2}{\omega q+\omega d}}$ [4]). Et ſciendum eſt inſuper rationem anguli ZVE ad DBP in microſcopio dato eam nunc poni quæ $\sqrt[3]{\omega}$ ad $\sqrt[3]{g}$. Atque hoc modo quouſque lubet diminui poteſt q, hoc eſt, augeri amplificatio, manente lente oculari eadem, nec non diſtincta viſione et claritate, ſed magis decreſcet lenticulæ foci diſtantia. Numerus autem $\frac{6}{7}$ quantitati huic præpoſitus inde oritur quod lenticulam **p** planoconvexam ponimus, ſuperficie plana deorſum ſpectante; cujus aberratio ex figura pertinens ad radium extremum axi parallelum, eſt $\frac{7}{6}$ ſuæ craſſitudinis, ut ante hoc oſtenſum [5]). Sic ſi utrimque æqualiter convexa lenticula **p** poneretur, eſſet numerus præfixus $\frac{3}{5}$, quia aberratio ejuſmodi lentis efficit $\frac{5}{3}$ ſuæ craſſiſitudinis [6]).

Cæterum ut utriuſque regulæ exemplum demus, ac primò prioris, ubi

---

[1]) Voir la p. 549.

[2]) Comparez la p. 565.

[3]) Voir pour la déduction de cette règle le § 23 de l'Appendice IX, p. 670.

[4]) Dans le § 23 cité dans la note précédente la demi-largeur de la lentille inférieure est représentée par θ. On y trouve $\theta^3 = \frac{6}{7}\frac{sqdy^2}{\omega q+\omega d}$.

[5]) Voir la règle de la p. 287.

[6]) Voir la p. 291.

d'abord de la première où $y = \frac{50.sqqdd}{gh(q+d)^2}$, on doit ſavoir qu'il faut commencer par calculer la longueur des lignes s et g dans le microſcope donné; on aura de fait $s = \frac{1}{25}$ pouce, parce que le rapport EN (ou MK) : NK, c'eſt-à-dire $\omega : s$, fut trouvé pour ce microſcope égal à 200 : 1 [1]). En effet, nous prenons $\omega = 8$ pouces [2]), et $200 : 1 = 8 : \frac{1}{25}$. Mais g ſe calcule être égale à $\frac{16}{7}$, parce que, comme nous l'avons dit [2]), le rapport $\omega : g$ eſt compoſé des rapports PN : NE et BX : PD ; or, ce rapport compoſé ſe réduit au rapport unique PN : NE, ou 7 : 2, ſi BX ou h (ce qui eſt permis) eſt ſuppoſée égale à PD qui était ici de $\frac{1}{20}$; en effet, $7 : 2 = 8 : \frac{16}{7}$. Mais quelle que ſoit la valeur qu'on donne à la quantité h, la quantité gh ſera toujours la même pour un microſcope donné [3]). Si donc nous ſuppoſons, en premier lieu, que d ait la même valeur dans le microſcope cherché qu'elle avait dans notre microſcope [4]), ſavoir $d = 2$; mais que nous exigeons que le groſſiſſement $\omega : q$ ſoit égal à 72 : 1, c'eſt-à-dire, qu'il ſoit le double du groſſiſſement de notre microſcope, d'où l'on tire $q = \frac{1}{9}$ [5]); on trouvera d'après la règle, en partant de ces données, $y = \frac{70}{361}$, et les autres grandeurs d'après la détermination que nous en avons donnée dans l'expoſition de la règle [6]). Mais ſi, en ſuppoſant les mêmes choſes, on prend $d = 1$ pouce, on trouve $y = \frac{7}{40}$ et $\mathbf{pd} = \frac{1}{40}$, abſolument comme dans la première recherche [7]) où l'on conſervait la même valeur du rapport BP : PN; ce qui confirme la vérité de la préſente règle.

Dans la deuxième règle ſuivant laquelle

$$y = \frac{6d^4q^4s}{7gh^3(d+q)^4},$$

en cherchant d'abord les valeurs de s et de g dans le microſcope donné quand on tient compte de l'aberration ſphérique, on trouvera de fait $s = \frac{1}{84}$ pouce, parce que dans ce cas nous avions trouvé que le rapport EN (ou MK) : NK, c'eſt-à-dire $\omega : s$, avait la valeur 672 : 1 [8]); car $672 : 1 = \omega$ (ou 8) : $\frac{1}{84}$. Mais g eſt trouvée égale à $\frac{64}{343}$, parce que le rapport $\sqrt[3]{\omega} : \sqrt[3]{g}$, c'eſt-à-dire le rapport des angles

---

[1]) Consultez la p. 555.

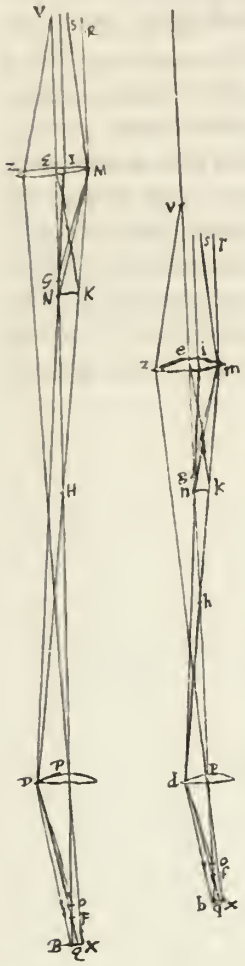
[2]) Voir la p. 577.

[3]) Puisqu'on a, d'après ce qui précède, $\omega : g = ch : da$; donc $gh = \frac{da\omega}{c}$.

[4]) Toujours celui décrit à la p. 549.

[5]) Cette partie du texte, à commencer par le mot „Cæterum" (p. 581) fut écrite sur une pièce

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



$y \infty \frac{50.sqqdd}{gh \text{ in qu. } q+d}$, ſciendum eſt hinc incipiendum, ut lineæ s et g inveniantur quantæ ſunt in microſcopio dato. ac ſit quidem $s \infty \frac{1}{25}$ poll. quia ibi ratio EN ſeu MK ad NK, hoc eſt ω ad s, fuit inventa quæ 200 ad 1 [1]). Ponitur enim $\omega \infty 8$ poll. [2]) et ut 200 ad 1, ita 8 ad $\frac{1}{25}$. at g invenitur $\infty \frac{16}{7}$, quia ratio ω ad g dicta fuit [2]) componi ex rationibus PN ad NE, et BX ad PD; quæ compoſita redit ad ſolam rationem PN ad NE, ſive 7 ad 2, ſi BX ſeu h (quod licet) ponatur æqualis PD, quæ ibi erat $\frac{1}{20}$. nam ut 7 ad 2 ita eſt 8 ad $\frac{16}{7}$. quæcunque vero ponatur h erit ſemper quantitas gh eadem in dato microſcopio [3]). Quod ſi jam d eandem eſſe ponamus in eo quod quærimus, quæ erat in noſtro [4]), nempe $d \infty 2$; ſed rationem amplificationis ω ad q eam velimus eſſe quæ 72 ad 1, hoc eſt duplo majorem quam in noſtro, unde q fit $\infty \frac{1}{9}$ [5]); ex his jam ſecundum regulam, invenietur $y \infty \frac{70}{361}$, et reliqua prout fuere in expoſitione regulæ deſinita [6]). Quod ſi his ijſdem poſitis, ſtatuatur $d \infty 1$ poll. invenitur $y \infty \frac{7}{40}$ et **pd** $\frac{1}{40}$, prorſus ut in priori diſquiſitione, ubi ſervabatur ratio eadem BP ad PN [7]); quod veritatem regulæ hujus comprobat.

In poſteriori regula ubi $y = \frac{6d^4q^4s}{7gh^3 \text{ in qu. qu. } d+q}$ quæſitis prius s et g quantæ ſunt in dato microſcopio, habita ratione aberrationis ex figura, invenitur quidem $s \infty \frac{1}{84}$ poll. quia ibi ratio EN ſeu MK ad NK, hoc eſt, ω ad s, fuit inventa quæ 672 ad 1 [8]); nam ut 672 ad 1 ita ω ſeu 8 ad $\frac{1}{84}$. at g invenitur $\infty \frac{64}{343}$, quia ratio $\sqrt[3]{\omega}$ ad $\sqrt[3]{g}$ hoc eſt ratio

---

de papier qui recouvre une leçon antérieure peu différente, mais où l'on trouve annoté en marge ce qui suit: „de 3 lent. sed præcipuum effectus ut amplificet cum claritate et distincta perceptione hoc modo" [voir les petites figures à côté, comparables pour le cas de trois lentilles aux figures 34 et 35, p. 529 pour le cas de deux] „sed et alijs innumeris. multi magna ampliatione [co]ntenti non [a]vertunt obscuritate et minus accurata circumscriptione superficierum fieri ut minore effectu sit perspicillum."

6) On trouve ces autres grandeurs au § 21, de l'Appendice IX, sous l'entête (p. 667): „amplificatio duplæ nostræ. $d \infty 2$."

7) Voir la Prop. XV, p. 543.

8) Voir la p. 563.

ZVE et DBP, eſt compoſé, comme nous l'avons dit [1]), des rapports PN : NE et BX : PD; lequel rapport compoſé ſe réduit, comme un peu plus haut, au ſeul rapport PN : NE ou 7 : 2. Mais comme 7 eſt à 2, ainſi eſt $\sqrt[3]{\omega}$, ou 2, à $\frac{4}{7}$, fraction qui eſt donc égale à $\sqrt[3]{g}$; d'où l'on tire $g = \frac{64}{343}$. Or, quelle que ſoit la valeur donnée à h, la quantité gh^3 aura ici toujours la même valeur pour le microſcope donné [3]). Si nous voulons maintenant que d ait la même valeur pour le microſcope cherché que pour notre microſcope donné, ſavoir $d = 2$ pouces, mais que le groſſiſſement $\omega : q$ ſoit le double du nôtre, c'eſt-à-dire 72 : 1, on aura $q = \frac{1}{9}$; et en partant de ces données l'on trouvera ſuivant la formule à peu près $y = \frac{1}{19}$ [4]), et les autres grandeurs d'après la détermination qui en fut donnée dans l'expoſition de la règle. Mais ſi, les mêmes choſes étant poſées, on prend d égale à 1 pouce, on trouvera $y = \frac{7}{160}$ et **pd** $= \frac{1}{160}$, abſolument comme dans la deuxième recherche précédente [5]), où le rapport BP : PN gardait ſa valeur; ce qui confirme la vérité de cette deuxième règle.

FIN DE LA TROISIÈME PARTIE.

---

[1]) Voir la p. 577.

[2]) Lisez PD.

[3]) Puisqu'on a maintenant $\sqrt[3]{\omega} : \sqrt[3]{g} = ch : da$; donc $gh^3 = \frac{d^3a^3\omega}{c^3}$.

[4]) Comparez les dernières lignes du § 23 à la p. 672 de l'Appendice IX de 1692.

[5]) Voir la Prop. XVIII à la p. 573.

anguli ZVE ad DBP, dicta fuit [1]) componi ex rationibus PN ad NE et BX ad PB [2]), quæ composita redit, ut paulo ante, ad rationem solam PN ad NE, seu 7 ad 2. Ut autem 7 ad 2 ita $\sqrt[3]{\omega}$ seu 2, ad $\frac{4}{7}$; quod ergo æquale $\sqrt[3]{g}$. ideoque $g \infty \frac{64}{343}$. quæcunque vero ponatur h, erit hic semper in microscopio dato eadem quantitas gh^3 [3]). Quod si jam d eandem esse velimus in microscopio quæsito ac in dato nostro, nempe $d \infty 2$ poll., rationem vero amplificationis ω ad q duplam nostræ, hoc est, quæ 72 ad 1; erit $q \infty \frac{1}{9}$; et ex his jam secundum hanc regulam invenietur y proxime $\infty \frac{1}{19}$ [4]). Et reliqua ut fuere in expositione regulæ definita. Quod si his ijsdem positis, statuatur $d \infty 1$ poll. invenietur $y \infty \frac{7}{160}$ et **pd** ∞ $\infty \frac{1}{160}$ prorsus ut in secunda superiori disquisitione [5]), ubi servabatur ratio BP ad PN, quod posterioris hujusce regulæ veritatem comprobat.

[FINIS PARTIS TERTIÆ.]

APPENDICE I [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1685.]

Des lunettes d'approche.

Que c'eſt icj la partie la plus importante de cette ſcience des refractions, principalement a cauſe des decouvertes aux aſtres qui ont confirmè le vray ſyſteme et appris des nouveautez qu'autrement il eſtoit impoſſible de ſcavoir.

De l'autheur. que Porta [2]) a donnè les premiers et rudes commencements ce qui parait parce que plus de 14 ans après on a commencè [3]).

Puis ceux de Zelande. Et non pas Metius. que j'en ay la preuve par sa propre confeſſion [4]). amour de la veritè et de la juſtice. Puis Galilee [5]). Après luy les autres n'ont guere avancè puis qu'ils n'ont rien decouvert, ſi ce n'eſt de formes monſtrueuſes et fauſſes de Saturne ſans s'appercevoir du ſatellite que j'ay obſervè avec ma lunette que j'avois faite de 12 pieds [6]).

qu'elle m'a auſſi ſervi a developper la merveille de ♄ [7]). anneau. que d'autres eſtant excitez par mes obſervations ſe ſont appliquez a perfectionner les teleſcopes et a les faire plus grands.

Que Campani eſt celuy qui a le mieux reuſſi. Et ſi ſes verres de 100 et de 136

---

[1]) La pièce constitue un avant-projet de la Préface par laquelle la „Pars tertia" débute; voir la p. 435. Elle a été copiée de la p. 197 du Manuscrit F. D'après le lieu qu'elle occupe dans ce Manuscrit elle doit dater de la seconde moitié de 1684 ou de la première de 1685.

[2]) Giambattista della Porta, gentilhomme néapolitain, naquit en 1538. Jl mourut en 1615 dans sa ville natale, où il demeura avec son frère, s'occupant d'expériences et accueillant les étrangers dans une terre qu'il possédait et où il avait un cabinet de curiosités naturelles. Il avait voyagé en Italie, en France et en Espagne, où il visita les bibliothèques, fit la connaissance de plusieurs savants et conversa avec de nombreux artisans capables de lui apprendre des secrets. En 1560 il fonda une société scientifique l'„Academia secretorum naturæ"; mais il fut appelé à Rome pour se justifier du soupçon de sorcellerie; il y réussit, mais son Académie fut supprimée. En 1610 il devint membre de l'Académie des Lincei.

Du plus connu de ses ouvrages, la Magie naturelle (voir la note 5 de la p. 436), une première édition aurait été composée, comme il le dit dans la préface de l'édition de 1589, à l'age de 15 ans et publiée aussitôt, mais on n'en a jamais trouvé aucun exemplaire; la première édition connue, fort rare, est de 1558. En outre de cette „Magia" il publia un grand nombre de pièces de théatre et les ouvrages suivants: „De furtivis literarum notis vulgo de ziferis libri IV," Naples, 1563; „Phytognomonica, libris VIII contenta," Naples, 1583; „De humana physiognomonia libri IV," Sorrente, 1586; „Villæ libri XII," Francfort, 1592; „De refractione optices parte libri IX," Naples 1593; „Pneumaticorum libri III, quibus accesserunt curvilineorum elementorum libri II," Naples, 1601; „Ars reminiscendi," Naples, 1602;

pieds dont vu Caſſini [8]) &c. il merite d'eſtre beaucoup louè, parce que cet art eſt difficile et pour parvenir a la perfection il faut paſſer par une infinitè d'experiences et faire des raiſonnemens pour penetrer les cauſes des defauts lors que le ſens de la vue eſt a bout [9]). Que je l'ay appris [10]) par experience et que ce n'eſt pas peu de joye d'eſtre parvenu a ce que j'en ſcay. qui eſt de donner la parfaite figure et le parfait poliment aux verrez dont je m'en ſuis fait de 36 et 80 pieds [11]).

Que la ſcience theorique des effects des verrez que j'ay eſtudiè avec plaiſir il y a longues annees [12]) m'a eſtè tres utile dans ce travail et dans tout le maniement [13]) des teleſcopes. L'on en a vu les fondements dans ce qui a precedè et je vay pourſuivre maintenant en tirer ce qui ſert a faire comprendre les cauſes des grands effects des teleſcopes et de tout ce qui s'obſerve a leur egard.

Le plus important eſt de determiner le groſſiſſement ou multiplication de chaſque ſorte de lunette ce qui n'a point eſtè fait juſqu'icy [14]). Car ayant cette connaiſſance l'on peut a peu pres prevoir [15]) ce qu'il y a à eſperer [16]) a l'avenir du travail qu'on y emploiera, ſans ſe former des eſperances trop vaſtes.

„Physiognomoniæ cælestis libri VI," Naples, 1603; „De distillationibus libri IX," Naples, 1604; Claudii Ptolemæi magnæ constructionis liber primus cum Theonis Alexandrini commentariis", Naples, 1605; „De munitione libri III," Naples, 1608; „Elementorum libri III," Rome, 1610; „De aëristransmutatione libri IV," Rome, 1614.

Pour la majeure partie cette œuvre constitue un mélange bizarre de renseignements utiles, de curiosités et de superstitions. On y rencontre probablement peu d'idées qui lui appartiennent en propre; mais il a sans doute puissamment contribué à répandre parmi ses contemporains le goût des sciences naturelles.

3) Comparez la p. 437.

4) On lit encore entre les lignes: „Je m'en suis informè". Voir l'Appendice III, p. 591 qui suit.

5) Après ces mots on lit encore, mais biffé tout de suite: „Puis Fontana Rheita".

6) Voir la lettre à Wallis du 13 juin 1655 à la p. 332 du T. I.

7) Voir la note 6 de la p. 439.

8) On peut consulter sur ces grands verres de Campani les pp. 482 et 489 du T. VIII et surtout la lettre de Cassini du 5 juin 1684, p. 492—494 du même Tome, où il est question de la découverte des deux derniers des quatre satellites de Saturne trouvés par Cassini.

9) On lit au-dessus, comme leçon alternative: „se trouve court".

10) Leçon alternative: „trouvè".

11) Voir la note 2, p. 440.

12) Voir la Partie I de la présente Dioptrique (p. 3—269), laquelle date de 1653.

13) Leçon alternative „dans la composition", mais celle du texte fut soulignée.

14) Ici Huygens avait fait suivre la phrase suivante, qu'il a biffée depuis: „non pas mesme par des Cartes qui d'ailleurs entendoit si bien la matiere a trouvè de choses en cette science qui paraissent plus difficiles." Comparez la p. 441.

15) Leçon alternative „se figurer".

16) Leçons alternatives „presumer, attendre".

APPENDICE II [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1685.]

Primum ac præcipuum eorum quæ in hac refractionum doctrina tractantur, Telescopiorum est ratio. magni ac mirabilis inventi, cujus cum multiplex sit utilitas quantaque in sequentibus intelligetur, nulla tamen re majorem admirationem meretur, quam quod de rebus cælestibus ea nos edocuit quæ nulla alia ratione investigandi spes erat. Quibus et rerum naturæ recessus ignotæque regiones patuerunt, et qua mundi parte tellus hæc nostra nosque ipsi qui eam incolumus positi simus, multo certius quam ante doctis compertum et comprobatum fuit. qua cognitione nihil majus meliusve, ut mihi videtur, industria hominum consecuta est.

Unde vero primum ars hæc profecta sit, quibusque incrementis eo quo nunc est culminis ascenderit, ne ab alijs peti necesse sit, paucis hic commemorare non pigebit.

Constat sane prima rudimenta Joh. Baptistæ Portæ Neapolitano deberi, cujus extant de rebus dioptricis et magia naturali libri totis 15 annis ante editi quam in Belgio nostro telescopia exorirentur in quibus de specillis suis (ut vocat) meminit, deque conjunctione convexarum et cavarum lentium quorum opera res procul positæ quasi propinquæ conspiciebantur [2]). Nihil vero magnum eum fecisse cum hoc ipsum probat quod tanto tempore ars jam cœpta silentio involuta mansit, tum quod nihil prorsus in luna aut planetis se novi observasse memoretur. At in patria nostra [3]) primum circa annum hujus sæculi 10.m telescopia extiterunt sesquipedalia illa ab opifice quodam in Zelandia fabricata qui conspicillis vulgaribus quibus senes utuntur conficiendis victum quærebat. quem aliquanto post (hoc enim certo comperi) insecutus est Jac. Metius Alcmariæ nostrae civis. Inde Galileo [4]) ulterius idem artificium inventum excultum, ab eoque primum ad cælestia phenomena conversum est. Cæterum ut pleraque omnia inventa ita hoc quoque casui ac for-

---

[1]) La Pièce, empruntée à une feuille séparée de quatre pages, constitue une leçon antérieure et moins complète de la Préface qui forme le début de la „Pars tertia". Comparez la note 2 de la p. 435.

[2]) Comparez les notes 5 et 7 de la p. 436.

[3]) Comparez la p. 437.

[4]) Comparez la p. 439.

tuitis experimentis primam originem acceptam refert [3]), neque enim ullum tali ingenio aut induſtria fuiſſe hominem qui totius rei ignarus cogitando ac rationem colligendo eam adſequi valeret. Hoc enim vel ex eo colligere licet, quod tanto poſt tempore nemo fuit qui veras eorum quæ fieri videmus cauſas apperuit aut eatenus perſpiceret ut de menſura auctæ ſpeciei ex forma et poſitu vitreorum orbium pronuntiare poſſet. Nam neque Keplerus hoc docuit [5]), etſi multa laude dignus ob ea quæ in dioptricis primus explicuit. Neque felicior fuit Carteſius; imo ut vere dicamus a via prorſus aberravit, in his quæ de ratione et effectu teleſcopij exponenda ſuſceperat. Quod vix credibile quidem de tanto viro, tamque in opticis verſato, tamen dicendum fuit, ne quis fruſtra ea intelligere laboret quæ cum nihil ſignificent intelligi non poſſunt. Cum vero alij multi poſt eum in eodem argumento operam poſuerint, nihilo magis tamen idem problema quod in his omnium præcipuum eſt abſolverunt.

Itaque non parvam difficultatem habebat inventi jam reperti cauſſas indagare, nedum ut cum nondum exiſteret per cauſarum contemplationem quiſquam id erueret. Caſu vero et experiendo eodem perventum eſſe nihil mirum eſt cum frequens uſus eſſet convexarum et cavarum lentium jam a trecentis et amplius annis quibus lentibus ſeorſum ſumptis ſenum ac myopum, quos vocant, viſui remedium paratur. Poterat enim vel unica convexa lente paulo diligentius formata oculiſque ad diſtantiam quandam oppoſita occaſionem praebere majoris tentandi; ut potius mirandum ſit tam diu rem obviam latuiſſe.

Poſtquam vero in lucem prodierat eoque quo ſcimus a Galileo perducta erat etiam cauſſis utcunque cognitis, mirandum rurſus quamobrem longo tempore non ultra progreſſa ſit. credibile tamen in cauſa fuiſſe difficultatem eam quæ in expoliendo vitro atque in debitam formam fingendo ſeſe offert quæ ſane non exigua eſt. Etenim hac ſuperata difficultate ad 40 et amplius pedes teleſcopia creverunt, multaque in cælo non ante viſa in conſpectum venerunt. Poſtquam vero illud quoque incommodum quod ex nimia tuborum mole ac pondere oriebatur, nupero invento noſtro ſuſtulimus [5]), ut nihilo difficilius nunc centenum pedum teleſcopia quam antea decempedalia tractentur, novum atque ingens haud dubie huic arti acceſſit incrementum, cujus effectus et nos ipſi jam aliquatenus percepimus, et ultra percepturos non deſperamus. Quæ vero de rebus cæleſtibus teleſcopiorum opera deprehenſa ſunt, in univerſum hæc ſunt [4]). Lunæ montes valleſque ſolis maculæ atque in ſeſe converſio. Planetæ Jovis comites quaterni. Phaſes Veneris quales Lunæ, ejuſque variæ magnitudines apparentes, viæ lacteæ candor ex multitudine exiguarum ſtellarum. Itemque inerrantium toto cælo major multo quam antea numerus. Atque hæc omnia a Galileo, etſi de ſolaribus maculis ſe illi primas concedere Scheinerus negat [6]). Idem vero Galileus Saturni quoque phænomena

[5]) Comparez la p. 441.

[6]) Voir sur Scheiner et ses publications sur les taches solaires la note 3, p. 159 du T. I et la note 2, p. 262 du T. II.

obſervaverat, quatenus teleſcopijs ſuis, quæ ſex ſeptemve pedes non excedebant, conceſſum. Atque eum putabat minoribus ſtellis duabus, ab utroque latere admodum propinquis, ſtipatum ſeſe vidiſſe. Deinde vero rotundum vidit neque in eo deceptus eſt. Ejuſdem vero planetæ poſtea alias mirabiles figuras ſed pleraſque falſo creditas Franc. Fontana, Scheinerus, Gaſſendus, Hevelius, Ricciolus alijque [1]) complures annotaverunt, quibus tandem veriores nos conſpeximus, annuloque tenui plano, nuſquam cohærente, adque eclipticam inclinato Saturnum circundari oſtendimus, comitem præterea ipſi adeſſe ſtellulam exiguam quæ 16 dierum ſpatio circumferatur. quæ jam olim annis ab hinc 26 libro ſingulari explicata ſunt. In quo planetarum quoque diametri a nobis obſervati habentur atque ex ijs planetarum inter ſe atque ad ſolem proportio [2]). At dehinc decennio poſt alij duo comites eidem Saturno adeſſe deprehenſi ſunt a domino Caſſino qui et ante ex maculis quibuſdam in Jove ac Marte obſervatis docuerat ſydera in ſe ipſa certis periodis revolvi [3]). atque hæc præcipua ſunt eorum quæ teleſcopiorum opera in cælo hactenus animadverſa ſunt.

Quid [4]) Galileus obſervavit. Poſt Galileum multo tempore in tubis ad cæleſtes obſervationes parum profectum. Fontana e duobus convexis monſtroſas ♄ figuras [5]). E quatuor convexis Rheita [6]).

Poſt Galileum e 2 convexis inventum de quibus Keplerus [7]). poſtea 3 [8]) et ex 4 convexis ad erecta. Rheita monuit meliora [6]). Aucta etiam teleſcopia ad ſidera. Sed parum profectum niſi quod in ♄ variæ....

---

[1]) Voir pour plus de détails sur ces observations les p. 35—40 du „Systema Saturnium", l'ouvrage cité dans la note 2, p. 441 du T. II.

[2]) Il s'agit toujours du „Systema Saturnium."

[3]) Comparez la p. 439.

[4]) Les phrases qui suivent furent annotées en marge du manuscrit que nous venons de reproduire.

[5]) Voir ses „Novæ cœlestium terrestriumque rerum observationes" de 1646, ouvrage cité dans la note 7, p. 48 du T. I. On y lit à la p. 20 „Insuper anno 1608 alium tubum opticum armatum scilicet duplici lente convexa construxi". En effet, c'était avec ce télescope que Fontana observa les „monstrosas figuras" qu'on trouve aux p. 129—141 de son ouvrage.

[6]) Voir sur les lunettes de Rheita, décrites dans son „Oculus Enoch et Eliæ" de 1645, la p. 84 du T. I.

[7]) Voir le „Problema XXCVI. Duobus convexis majora & distincta præstare visibilia, sed everso situ", qu'on trouve à la p. 42 de sa Dioptrique de 1611, ouvrage cité dans la note 5, p. 6 du T. I.

[8]) À commencer par Kepler lui-même; voir à la p. 45 de sa Dioptrique le „Problema XXCIX. Tribus convexis erecta & distincta & maiora præstare visibilia."

APPENDICE III [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS."

1682.

Copia copiæ exhibitæ ab Hadr. Van der Wal 1682. unde patet Jacobum Metium non esse primum inventorem telescopij. sed potius Lippershemium Middelburgensem.

Aen de Ed.le Mog. heeren de heeren Staten Generael der Verenighde Nederlanden.

Verthoont met behoorlijcke Eerbiedinge ende reverentie Jacob Adriaenssoon, zoone van M.r Adriaen Anthonissoon oudt borghemeester der Stadt Alkmaer, Uw Ed. Mog. onderdanigen dienaer, hoe dat hij Supp.t omtrent die tijdt van 2 jaeren besigh geweest zijnde, om den tijdt die hem van sijn handwerck ende principaele beroepinghe mochte overigh sijn te emploieren in 't nae soucken van eenige verborgen konsten, die met het gebruijck ende appropieeren van 't glas, bij eenighe ouden te weghe [2]) gebracht sijn geweest, gekomen is in ondervindinghe dat bij middel van seecker instrument, 't welck hij Supp.t tot een ander eijnde ofte intentie onder handen was hebbende, 't gesichte van de gheene die 't selve was gebruyckende konde uytstrecken in sulcker voegen dat men daer mede seer

---

[1]) La pièce, écrite entièrement de la main de Huygens, occupe les p. 119—120 du Manuscrit F. Elle a été publiée pour la première fois par G. Moll dans le mémoire: „Geschiedkundig onderzoek naar de eerste uitvinders der verrekijkers uit de aanteekeningen van wijle den hoogleeraar Van Swinden zamengesteld"; voir les p. 129—131 du T. III des „Nieuwe verhandelingen der eerste klasse van het Kon. Ned. Instituut van Wet., Letterk. en Schoone Kunsten", 1831.

[2]) Moll donne „by enige andre zo moght"; mais cette leçon est fautive.

beſcheydelijck dinghen konde ſien, die men anders mids de diſtantie ende verheijdt van de plaetſe, niet of gansch duyſterlijck ende ſonder kenniſſe ofte beſcheydt ſoude konnen ſien. 'T welck hij Supp.t vermerckende, heeft hem principaelijck naer dien tijdt geoeffent omme 't ſelve noch te verbeteren, ende eyntelijck ſoo verre gebracht, dat men met ſijn Inſtrument een dingh ſoo verre kan ſien ende klaer bekennen *als met het Inſtrument U.Ed. Mog. onlanghs verthoont bij een borgher en Brillemaecker van Middelburgh, volgende het oordeel ſelve van ſijne Exc.tie en andere die de reſpective Inſtrumenten tegens malkander hebben geproeft* [1]). Niet tegenſtaende ſijns Supp.ts Inſtrument maer en is gemaeckt van ſeer flechte ſtoffe, ende alleen tot een proeve. 't welck hij Supp.t niet en twijffelt of en ſoude met verbeteren van de materie [2]) oock in't gebruijck ſeer gebetert werden, behalve dat hij mede gelooft ende verhoopt metter tijdt de voorſchreven inventie in ſich ſelfs ſoo te verbeteren dat daer noch meerder dienſt en vruchten te verwachten sullen ſijn. dan alſoo hij Supp.t beducht is dat middelertijdt iemandt hem ſoude moghen onderwinden de voorſchreven ſijne inſtrumenten nae te maecken ofte te imiteren, bouwende op de fondamenten die den Supp.t met ſijn vernuft, grooten arbeijdt en hooftbrekinghe (door Gods zegeninge) geleijdt heeft, ende hem Supp.t daer mede ſoude fruſtreren ende beroven van de vruchten die hij met recht en goede apparentie [3]) daer van te verwachten heeft. Soo keert hij Supp.t hem tot U. Ed. Mog. ootmoedelijck verſoeckende dat deſelve gelieve hem Supp.t te vergunnen Octroy, daer bij eenen iegelijck, de voorſchreven inventie voor deſen niet gehadt ofte in't werck geſtelt hebbende, verboden werde de voorſchreven inſtrumenten in't geheel ofte deel nae te maecken, of die bij ſoodanighe onvrije perſonen gemaeckt ſoude moghen ſijn, te koopen of te verkoopen, ſonder expres conſent van hem Supp.t op de verbeurte van deſelve inſtrumenten, en daer en boven noch van eene ſomma van hondert car. guld. van 40 grooten 't ſtuck op elck inſtrumente contrarie diens gemaeckt, gecoft ofte vercoft, ende dat voor den tijdt van 20 jaeren [4]), of anderſins hem Supp.t ten aenſiene van de nutheijdt, ende dienſte van de voorſchreven inventie voor't gemeene Vaderlandt, toe te leggen alſulcke vereeringhe als U. Ed. Mog. nae haere gewoonlijcke goedertierenheijdt en diſcretie bevinden ſullen te be-

[1]) Les mots en italiques ont été soulignés par Huygens. Voici la traduction du passage en question „que lui, suppliant, a réussi enfin si bien qu'on peut voir un objet d'aussi loin et aussi distinctement avec son instrument *qu'avec celui qui a été montré à Vos Hautes Puissances par un citoyen et lunettier de Middelburgh, suivant le jugement de Son Altesse*" [le prince Maurice d'Orange] „*et d'autres personnes qui ont éprouvé l'un contre l'autre les instruments respectifs*".

[2]) Leçon fautive de Moll: „machine".

[3]) Leçon fautive „assurantie".

[4]) Leçon fautive „22 jaren".

[5]) Leçon fautive „tot meerdere".

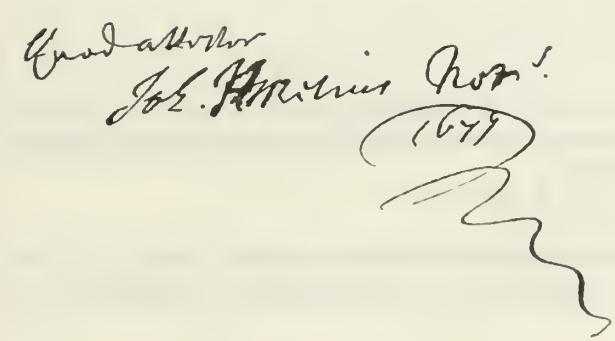
horen, 't welck doende &c. In margine ſtondt den Supp.t werdt vermaendt voorder te onderſoecken, omme ſijne inventie te brenghen totte meeſte [5]) perfectie, Ende ſal alſdan op ſijn verſochte octroy gediſponeert worden naer behoren. Actum den 17n Oct. 1608. Onder ſtondt get.t

Aerſen.
1608.

Naer gedaene Collatie is deſe beneffens de originele requeſte met ſijn apoſtille geteeckent als boven, van woorde tot woorde accordeerende bevonden. In Alckmaer den 8 Nov. 1677.

Quod atteſtor

Joh. H. Metius [6]) Not.s
1677



[6]) Moll a lu „Milius"; mais ceux qui connaissent l'écriture de Huygens n'hésiteront pas de lire comme nous les mots que nous reproduisons à côté.

APPENDICE IV [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS."

[1667.]

Magnitudo apparens ex precedenti [2]) in telescopio 2 vitris. Non omnis compositio idonea vel quod non satis augeat ut cum duobus convexis erecta spectamus [3]), vel quod non distincte cerni faciat. quod utrumque ut consequamur non alia ratione efficere possumus quam alterutra earum quas experientia pridem docuit, lente convexa nimirum ad visibilia obversa et cava vel convexa minoris sphæræ ad oculum opposita. Ut autem de effectu telescopij statui possit duplex semper examen est instituendum, alterum ut ratio percipiendi augmenti manifesta fiat, alterum ut utrum distincta futura sit visio an secus cognoscatur, quorum hoc per radios ab uno puncto rei visæ manantes inquiritur, illud vero per eos qui à duobus rei visæ punctis feruntur.

Videbimus autem primo de constitutione ea quæ ad res longinquas contemplandas idonea est, atque ijs quibus nullo vitio visus laborat. Quod si igitur lens major sit AM cujus axis AG focus G, debebit lens cava B tanto intervallo à

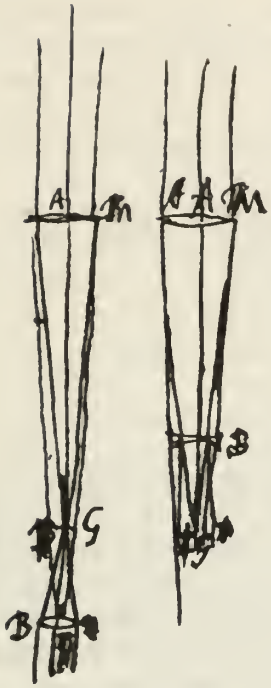
---

[1]) Cet Appendice est emprunté à la p. 156 du Manuscrit C. D'après le lieu qu'il y occupe, il doit avoir été rédigé en 1667. Il constitue une autre version, probablement de beaucoup antérieure, du début de la Prop. I, p. 443.

[2]) Il s'agit de la Prop. V, Part. I, Liv. II, p. 187—197.

[3]) Comparez le deuxième alinéa de la p. 461.

[4]) On lit encore en marge: „quo propinquius visibile eo ocularis longius". „Clausa portione lentis magnæ nihilo pauciora cerni. sed obscuriora". „Myopi brevius utrumque".



foco G abeſſe, ut in idem punctum G cadat punctum diſperſus radiorum parallelorum à parte oculi advenientium atque in lente B fractorum. Sic enim et viciſſim qui refractione lentis AM diriguntur ad punctum G ut contingit ijs qui a puncto longinquo rei viſæ affluunt penetrata lente B reddentur paralleli, atque ita ad oculum pervenient eoque viſionem efficient diſtinctam, ut ex ijs quæ de oculo diximus apertum eſt.

At ſi lentem ocularem convexam adhibere velimus ea ultra focum G a lente AM removenda erit tanto intervallo quanto à lente B focus ſuus diſtat. Ita enim radij a puncto rei viſæ in lentem AM radiantes, ejuſque refractione ad punctum G collecti unde porro rurſus diſperguntur, neceſſario paralleli reddentur refractione lentis B, atque ita ad oculum pervenientes picturam rei viſæ diſtinctam in fundo oculi effingent.

Atque hinc patet poſita eadem lente magna, ſemper longius aliquanto fore teleſcopium convexa lente oculari inſtructum, quam ſi cava adhibeatur [4]).

APPENDICE V [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1667?] [2])

Esto igitur telescopium ejusmodi, compositum è lentibus quarum centra seu puncta media A, D [3]). axis communis recta linea quæ hæc centra conjungit. Lentis convexæ focus O punctum, idemque punctum dispersus radiorum qui in lentem cavam D inciderent. Pupilla sit G, lenti cavæ admota. Res visa vero procul posita, ac tanquam infinitè distans, veluti Sol aut Luna.

Duplex jam schema considerabimus vitanda confusione linearum, quorum altero radiorum ab uno quodam [4]) rei visæ puncto in totam lentem A manantium progressus expendetur, et an distincta futura sit visio. altero eorum qui a diversis duobus punctis exeunt, in quibus augmenti ratio perspicitur. Qui ab uno rei visæ puncto adveniunt, inter se paralleli censentur, ob ingentem puncti eius distantiam, quales in priori schemate

---

[1]) La pièce est empruntée à deux feuilles séparées.

[2]) La date est très incertaine.

[3]) Voir les figures à côté qui sont des reproductions des Fig. 1, p. 444 et Fig. 5, p. 448. La pièce elle-même n'était pas pourvue d'une figure; nous en avons changé les notations pour les mettre d'accord avec celles des figures citées; c'est-à-dire nous avons remplacé (les lettres A et H restant les mêmes) B par D, C par O, D par G, F par M, G par R et K par I.

[4]) Voir la figure à gauche.

[5]) La lettre L manque dans la figure, mais le lecteur y suppléera facilement.

[6]) Voir la p. 99.

[7]) Voir la Fig. 9 de la p. 457, où toutefois le point M est indiqué par la lettre G.

[8]) Ici encore le lecteur suppléera facilement aux lignes et aux lettres qui manquent. Dans le

qui axi AD paralleli incedunt, quos a medio Lunæ puncto procedere ponemus, hi cogerentur refractione lentis A ad punctum O, ſed à lente D paralleli redduntur eo quod idem punctum O poſitum eſt lenti B diſperſus punctum radiorum qui in ipſam a parte G paralleli feruntur. Cumque ita paralleli ad oculum G ferantur diſtinctam viſionem efficient.

In altero ſchemate conſideremus præterea radios binos qui e punctis in dextro et ſiniſtro lunæ margine exiſtentibus promanant, eos nempe qui per mediam lentem feruntur velut RA, HA. Hos autem ſcimus ita ipſam penetrare ut a rectitudine non recedant, ſeu ſint quaſi rectæ lineæ RAI, HAL [5]). Inventa autem duabus AO, AD, tertia proportionali AM, ita flectentur radij AI, AL refractione lentis D ut inde pergant veluti venientes ex punto M * in caſu cavæ lentis D, at in caſu convexitatis D ut tendant ad M [7]). Itaque jungantur MI, ML et rectæ ad uſque pupillam G producantur atque etiam ex parte altera verſus P et N [8]).

* Prop. [XX, Part. I, Lib. I.] [6])

Dico jam proportionem amplitudinis per teleſcopium viſæ ad eam quæ abſque eo percipitur eam rationem eſſe quæ anguli IML et IAL, hoc eſt quæ rectæ AD ad DM propter angulorum parvitatem, hoc eſt quæ rectæ AO ad OD, propter analogiam trium AO, AD, AM. hoc eſt quæ foci diſtantiæ lentis convexæ A ad diſtantiam puncti diſperſus cavæ D.

Sicut enim ang. HAR, cui æqualis IAL, is eſt quo tota lunæ amplitudo abſque teleſcopio percipitur; quando quidem radios RA, HA ab extremo dextro ac ſiniſtro margine egredi poſuimus; Ita ang.m PMN ſive IML eſſe demonſtrabimus quo per teleſcopium eadem amplitudo ſpectatur.

Etenim quemadmodum qui a medio lunæ puncto radij paralleli venire cenſentur ipſi AD, totamque implerunt lentem A; ab ea coguntur verſus punctum O ac refractione lentis D rurſus paralleli inter ſe atque axi AD fiunt, ita qui a dextro lunæ marginis puncto in totam ſimiliter lentem A paralleli feruntur radio RA, coguntur ab ea ad punctum quoddam ut Q [9]) ad latus O quod in recta RAI ſi opus producta quoniam et hæc radiorum unus eſt; opera autem lentis D rurſus inter ſe paralleli fiunt, ac proinde paralleli rectæ MI, quandoquidem radius AI, penetrata lente D dirigitur ſecundum ipſam MI.

Eodem modo radij qui a ſiniſtro lunæ puncto paralleli venire cenſentur rectæ HA, penetrata utraque lente fiunt denuo paralleli rectæ ML. Itaque ab utroque lunæ margine venientes et diſtinctam viſionem præſtant, et ita paralleli utrimque feruntur quaſi a punctis longinquis in rectis IMP, LMN exiſtentibus emanaſſent. Eoque diameter Lunæ per teleſcopium viſæ occupat angulum PMN qui abſque teleſcopio occupabat angulum RAH, quod [erat demonſtrandum].

---

texte ces dernières étaient M et N mais nous avons remplacé M par P pour éviter un double emploi.

[9]) Point qui manque dans la figure.

APPENDICE VI.

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE: „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS."

[1654—1692.]

[Varia ſur les lunettes.] [1])

§ 1 [2]).

[1654.]

Teleſcopia Wiſelij Auguſtæ Vind. [3])

1. 16 pedes longum, 3 lentibus. ejuſdem effectus atque vulgare pedum 30 conſtat. 110 ducatis.

2. 10 vel 12 pedum, 7 vitris ad ſolem contuendum et terreſtria quoq. 75 ducatis, ni fallor.

---

[1]) Sous cette suscription nous avons réuni plusieurs pièces qui se rapportent aux lunettes; toutes empruntées aux manuscrits de Huygens et écrites de sa main à l'exception de celle qu'on trouve au § 7 (p. 607), où nous donnons le dessin et la description d'une lunette de Huygens en possession de l'Observatoire de Leyde. Nous avons arrangé ces pièces chronologiquement, chacune d'elles constituant un paragraphe de l'Appendice présent.

[2]) Ce paragraphe est emprunté aux p. 93—95 du „boeckje"; manuscrit dont il est question à la p. 4 du T. XI.

[3]) On peut consulter sur ces télescopes les pp. 215, 308—310 et 424 du T. I, la p. 294 du T. III et la p. 125 du T. IV. Ajoutons qu'à la p. 86 du Manuscrit C on trouve encore la description suivante d'un petit télescope de Wiselius de 3 pouces: „Verkijckertie van Wiselius, van 3 duijm. het voorglas aen wedersijden in een schoteltie van $3\frac{1}{2}$ duijm radius. het oogglas aen wedersijden op een bol van $\frac{6\frac{1}{2}}{10}$ van een duijm radius. diſtantie tusschen beijde glazen $2\frac{1}{2}$ duijm. opening $\frac{34}{100}$ van een duijm." De la description il s'ensuit donc que l'objectif, dont l'ouverture mesurait 0,34 pouce, et l'oculaire étaient formés par des lentilles biconvexes symétriques avec rayons de courbure de $3\frac{1}{2}$ et de 0,65 pouce placées à une distance l'une de l'autre de $2\frac{1}{2}$ pouce. Ajoutons que cette description est accompagnée d'un petit dessin qui ne fait connaître que la forme extérieure du télescope. Elle doit dater de l'année 1666 d'après le lieu où elle se trouve.

[4]) Nous ne savons pas à quelles lunettes ces données se rapportent.

[5]) Traduction: „Lunette de Keffelaer — quatre pieds moins 2 pouces. Verre concave comme le mien." Probablement il s'agit d'une lunette fabriquée par Wiselius mais en possession de Keffelaer. L'ouverture en est représentée en vraie grandeur par le cercle à côté.

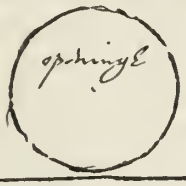
[6]) Traduction: „lunette de Wiselius, de $4\frac{1}{2}$ pied en 7 pièces". On trouve une description

3. 7 vel 8 p. 5 vitris, ad astra. 70 aureis n. f.
4. 4 vel 5 pedum eidem usui. 4 vitris. 40 aureis, puto.

Semidiameter patinæ majoris 6 voet min $1\frac{7}{10}$ duym.

Semidiam. minoris, $2\frac{6\frac{1}{3}}{10}$ duijm [4]).

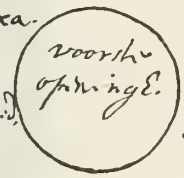
Huijgens kijker — vier voet min 2 duym.
Hol glas gelijck het mijne. [5])



tusschen 't hoogh en 't holle glas [7])
van het 1ste tot het 2de [8])
van 't 2de tot het 3de
van 't 3de tot het 4de

De kijker van Wisselius, van $4\frac{1}{2}$ voet.
van 7 stucken. [6])

omnia planoconvexa.
foci distantia hastilis magna $2\frac{1}{3}$ p.d.



strengh convexa æqualiter.

foci distantia van 't 1ste [9])
foci dist. van 't 2de
foci distantia van 't 3de
foci dist. van 't vierde

---

détaillée d'une telle lunette en sept pièces aux p. 308—309 du Tome I.
7) Traduction: „[distance] entre l'oeil et le premier verre".
8) Traduction: „du premier jusqu'au deuxième [verre]"
9) Traduction: „distance focale du premier [verre]".

[Fig. 1.] [Fig. 2.]

§ 2 [1]).

[1655.] [2])

[Inſtruction pour l'uſage des lunettes à miroir.] [3])

Pour veoir les objects prochains il faut allonger la lunette.

La lunette eſtant tirée juſques aux cercles marquez ſur le fer blanc, elle ſera propre pour veoir les objets eloignez, mais pour veoir diſtinctement ceux qui ne ſont qu'a cent pas ou a moindre diſtance il la faut racourcir de la largeur d'un doigt ou encore d'avantage ſelon qu'ils ſeront plus proches.

Pour regarder a la lune et aux planetes il faut oſter le petit miroir, et regarder a travers de la lunette, comme l'on ſe ſert des vulgaires. mais auparavant il ſera bon de faire approcher vers l'oeil le verre qui eſt de ce coſte la environ de la largeur d'une paille. La lune requiert auſſi la lunette tant ſoit peu plus longue que les autres planetes et eſtoiles a cauſe de ſa clartè.

§ 3 [4]).

[1666.]

AB [Fig. 1] hic paulo major quam foci diſtantia.
f [Fig. 1 et 2] focus communis lentis O et A.
diſtantiæ AC, CD æquales et ſingulæ duplæ Af.
Convexa A, C, D æqualia.
DE ∞ AF [5]).

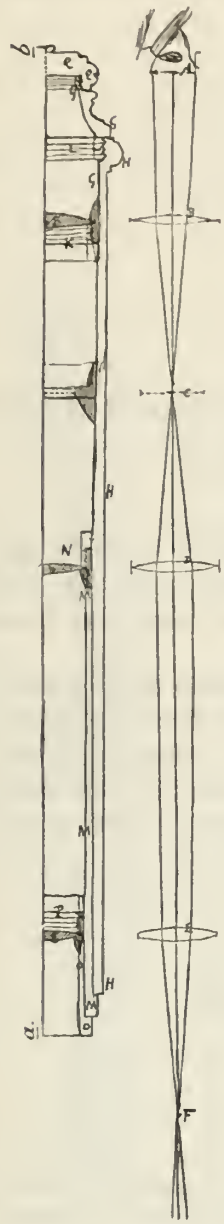
[1]) La pièce était écrite sur une des pages d'une feuille séparée de quatre pages.

[2]) On lit sur la même feuille, écrit avec la même plume et la même encre, très reconnaissables, le bout de phrase que voici: „Quæ circa Saturni stellam prioribus ignota batavici tubi ope". Il faut donc que la pièce ait été rédigée après le 25 mars 1655, date de la découverte du satellite de Saturne.

[3]) Consultez sur ces lunettes les p. 265—269 du Tome présent.

[4]) La pièce est empruntée à la p. 93 du Manuscrit C. D'après le lieu qu'elle occupe elle doit dater de 1666. Le système de lentilles est identique à celui de Campani décrit dans le paragraphe qui suit et dans la Prop. V, p. 469—473 du Tome présent. La figure à gauche montre comment le champ de vision ne dépend que de l'ouverture de la première des trois lentilles oculaires qui se trouve le plus près de l'objectif; voir le dernier alinéa de la p. 471.

[Fig. 3.] [Fig. 4.]



§ 4 [6]).

[1668.]

Teleſcopium Joſ. Campani ped. 3. poll. 3 [7]).

A amplitudo foraminis ad oculum.

AB ab initio tubi ad lentem primam ocularem

C locus et amplitudo foraminis ſine lente.

D lens ſecunda.

E lens tertia, paulo minor reliquis duabus [8]).

lentes 3 B, D, E, foci diſtantias omnino æquales habent poll. 1 et $\frac{10}{12}$ [9]). Pedis Rhenol.

Objectivum foci diſtantiam habet 2 ped. 5 poll. [10]).

Ejus diſpoſitio ut focus incidat in punctum F.

Pars GGG intrat tubum HH, portatque lentem B, quam tenet cochlea K lignea. Ipſaque pars G tenetur cochlea L.

Tubus M intrat ab altera parte tubum H, portatque ab una

La figure à droite correspond entièrement à la fig. 14, p. 469.

[5]) Lisez : Af.

[6]) La pièce occupe une feuille séparée.

[7]) Il s'agit sans aucun doute de la lunette de Campani qui appartenait à l'Abbé Charles de Bryas et dont les mesures furent prises par Christiaan Huygens en mai 1668 et communiquées le même mois à son frère Constantyn; voir la lettre du 11 mai 1668, p. 213 du T. VI. C'était la lunette dont il est fait mention dans la lettre de Petit à Huygens, p. 266 du T. IV, lettre qui doit être datée du 28 novembre 1664 (et non de 1662 comme elle l'est au lieu cité). Et l'on peut ajouter qu'au mois de novembre 1664 elle fut éprouvée par Auzout contre une lunette à miroir de Huygens, comme on peut le lire à la p. 145 du T. V.

[8]) Le dessin ne donne que les trois oculaires; l'objectif est supposé se trouver à une distance de 2 pieds 5 pouces plus bas que le point F.

[9]) C'est-à-dire à peu près 4,80 centimètres, le pouce Rhinlandais égalant 2,616 cm. La distance BD = DE devrait donc être égale à environ 9,60 cm.; or, en mesurant ces distances sur le dessin on trouve BD = 9,00 cm., DE = 9,80 cm. Le dessin que nous reproduisons ici à mi-grandeur était donc fait à vraie grandeur, mais pas avec beaucoup de soin.

[10]) Le grossissement serait donc de 29 : $1\frac{5}{6}$, c'est-à-dire à-peu-près seize fois. Auzout trouvait environ 14 fois; voir la p. 145 du T. V.

parte lentem D, firmatam cochlea buxea N. ab altera parte infertum habet tubulum O, qui portat lentem E, firmatam cochlea P.

QQ eſt operculum quod imponitur arcendo pulveri.

aperturæ objectivi diameter $\frac{72}{100}$ poll. [1]).

§ 5 [2]).

[1673.]

[Grandeur des objets viſibles dans la lune avec une lunette de 60 pieds.]

de 60 pieds ouverture de 6 p. 8 l. [3]) 240 fois.

ſait 60 pieds ouverture de 4 p. 200 fois [4]) avec un oculaire de $3\frac{3}{5}$ pouce. ſait voir le diam. de la lune de 100 degr. puiſqu'elle eſt d'un $\frac{1}{2}$ degr. c'eſt a dire 500 lieues d'allemagne ſous l'angle de 100 degr. ou 5 lieues ſous 1 degr. ou 1 lieue ſous 12 min.

1 degrè eſt la $\frac{1}{57}$ partie de ſa diſtance de l'oeuil donc a la diſtance de 57 pouces, c'eſt pres de 5 pieds, l'on verra un rond d'un pouce de diametre de meſme qu'une taſche de la lune qui a 5 lieues de diametre. Et $2\frac{2}{5}$ lignes, a cette meſme diſtance de 5 pieds, comme une choſe dans la lune de l'eſtendue de 1 lieue. Et une choſe de $\frac{1}{2}$ lieue, comme ſeroit la ville de Paris, comme $1\frac{1}{5}$ lignes a la diſtance de 5 pieds.

1800 lieues le diam. de la terre
30
54000 lieues a la lune. 3000 verges.
3000
162000000

[1]) Nous reproduisons ce dessin à sa vraie grandeur.

[2]) La pièce est empruntée à une feuille séparée collée dans le Manuscrit E près de la dernière page. Elle a servi de brouillon à une partie de la lettre du 9 août 1673 à Colbert. Comparez la p. 351 du T. VII.

[3]) C'est-à-dire 6 pouces 8 lignes. On peut constater que cette mesure de même que le grossissement s'accorde avec le tableau qu'on trouve à la p. 353 des „Rejecta".

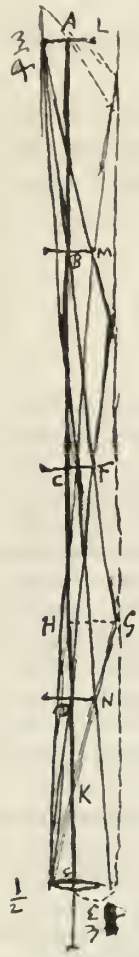
[4]) Grossissement intermédiaire entre celui de 241 du tableau mentionné dans la note précédente et celui de 170 du tableau de la p. 499.

§ 6 [5]).

[1683].

[Sur les diaphragmes qui doivent empêcher la lumière qui tombe ſur les parois du tube d'atteindre l'oeil de l'obſervateur][6]).

[Fig. 5.]



[Première Partie.] [7])

$$AB, BC, CD, DE \infty a$$
$$AL, BM, CF, DN \infty b$$
$$CH \infty x$$

$$BC(a) \text{ ad } CF(b) \text{ ut } BH(a + x) \text{ ad } HG\left(\frac{ab + bx}{a} \text{ ſive } b + \frac{bx}{a}\right)$$

$$KD(\tfrac{1}{2}a) \text{ ad } DN(b) \text{ ut } KH(\tfrac{3}{2}a - x) \text{ ad } HG\left(\frac{\frac{3}{2}ab - bx}{\frac{1}{2}a}\right) \infty \frac{ab + ax}{a}$$

$$\tfrac{3}{2}ab - bx \infty \tfrac{1}{2}ab + \tfrac{1}{2}bx$$
$$3ab - 2bx \infty ab + bx$$
$$2ab \infty 3bx$$
$$\tfrac{2}{3}a \infty x$$

$$b + \frac{\frac{2}{3}ab}{a} \infty HG \infty \tfrac{5}{3}b$$

5) La pièce occupe les p. 165—167 du Manuscrit F et doit, d'après le lieu qu'elle occupe, dater de 1682 ou de 1683.

6) De tels diaphragmes furent employés p. e. en assez grand nombre dans les grandes lunettes de Hevelius, et, d'après les p. 227 et 228 du T. IV et la p. 417 du T. VIII, ils existaient aussi dans les grandes lunettes anglaises et dans les lunettes des frères Huygens. La première partie du paragraphe présent traite le cas d'un tube cylindrique (voir la Fig. 5). On doit la considérer comme un premier essai. La deuxième partie, qui est plus achevée, s'occupe du cas d'un tube de forme conique. Et il paraît que de tels tubes pourvus de diaphragmes ont, en effet, été construits par les frères Huygens, mais ils ont abandonné cette construction à la suite d'un accident survenu à une lunette de Constantyn, qu'il décrit dans une lettre à Christiaan du 25 mars 1683 (p. 413 du T. VIII). La lunette étant placée dans un coin, l'objectif en bas, les pièces du tuyau, plus minces en haut qu'en bas, tombèrent avec un grand fracas sur l'objectif qu'elles faillirent écraser, mais qui résista heureusement au choc.

7) Dans cette première partie Huygens suppose connues les ouvertures des diaphragmes, égales entre elles et à celle, se trouvant en E qui semble représenter l'ouverture de l'oculaire (voir toutefois la note 3 de la p. 604), et il se propose de calculer la largeur qu'on doit donner au

lunette de 12 pieds. ouverture [1]) de $1\frac{1}{2}$ pouce. diaphragme de $\frac{9}{10}$ d'un pouce. oculaires de 2 pouces de foier.

Si elle consiste en 4 pieces et que la separation en D ait une ouverture de 1 pouce; la grosseur de la lunette au bout A devra estre environ de $2\frac{1}{2}$ pouces. Et a l'autre bout E environ de 2 pouces, alors elle sera obscure parfaitement, c'est à dire le tuyau en dedans; ce qui est très necessaire.

[Deuxième Partie.] [2])

[Fig. 6].

$\gamma\varepsilon$ apertura objectivæ lentis. δ focus ejus, idemque lentis ocularis $\theta\eta$.

Propter latitudinem pupillæ $\alpha\beta$, non tantum radij $\gamma\delta$, $\varepsilon\delta$, qui per totam aperturam lentis majoris transeunt, ad ipsam deferuntur, sed et qui a tubi latere egrediuntur ut $\zeta\delta$, nisi annulis impediantur ita ut punctum ζ, illustratum radio $\varepsilon\zeta$, lucem projicere possit in lentem $\theta\eta$.

---

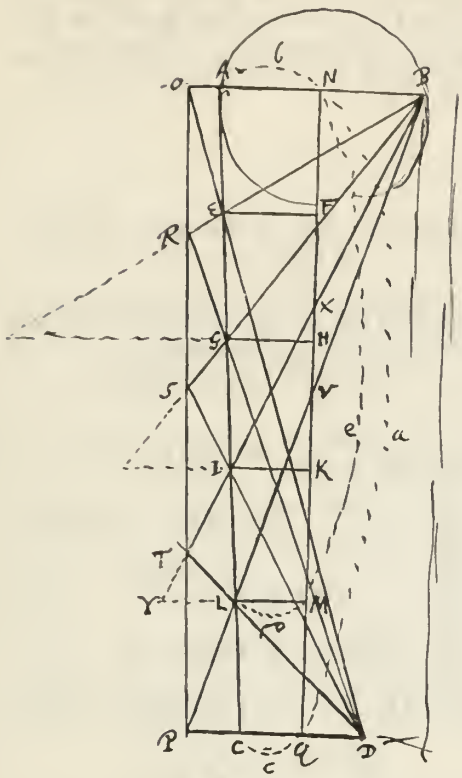
tube pour qu'aucune lumière réfléchie par la paroi ne puisse atteindre l'oculaire. Or, il est évident qu'une des parties du tube, qui peuvent être éclairées par la lumière qui passe par le diaphragme en C, commence en G. Il faut donc faire en sorte que la lumière partant du point G, ou des points voisins de la partie éclairée du tube, soit empêchée par le diaphragme en D d'atteindre l'oculaire en E et pour cela il suffira que le point G se trouve sur la droite KN. C'est là la base des calculs qui suivent; toutefois les lignes tirées dans la figure montrent que Huygens n'a pas manqué d'examiner également l'effet des parties de la paroi éclairées par la lumière passant par les ouvertures des diaphragmes en D et en B. Alors ces calculs lui auront appris que la même largeur HG $= \frac{5}{3}b$ est nécessaire et suffisante pour empêcher toute lumière venant de ces parties de la paroi de parvenir à l'oculaire en E.

[1]) Lisez plutôt „largeur du tube"; alors on aurait, en effet, 2HG $= \frac{3}{2}$ pouce et $2b = \frac{3}{5} \times 2HG = \frac{9}{10}$.

[2]) Dans cette deuxième partie il s'agit de construire un tube à diaphragmes qui se rétrécit du côté de l'oculaire, de manière qu'aucune lumière venant des parties éclairées de la paroi ne puisse passer par les ouvertures des diaphragmes; consultez sur la réalisation pratique d'un tel tube de forme conique la note 6, p. 603, qui précède.

[3]) Il s'agit donc du dernier diaphragme qui précède à l'oculaire. Or, ces mots „sive potius diaphragmatis" font supposer que peut-être on doit s'imaginer qu'aussi dans la Fig. 5, p. 603, on n'a pas affaire en E avec l'oculaire mais avec le diaphragme qui le précède. Dans ce cas le diamètre des diaphragmes pourrait excéder celui de l'oculaire, ce qui n'apporterait aucun changement dans les calculs, puisqu' il s'agit alors d'empêcher la lumière, qui tombe sur les parois, de passer par ce dernier diaphragme en E.

[Fig. 7.]



NQ axis telescopij [Fig. 7].

AB apertura lentis objectivæ; CD apertura ocularis sive potius diaphragmatis [3]).

Sit tubus ex quinque partibus compositus, in quarum singulis foramina aperta quorum semidiametri AN, EF, GH, IK, LM; quæ definit recta AC, quia ab omnibus punctis aperturæ AB ad omnia puncta CD radij pervenire debent.

BL, DC conveniant in P, idem BA, DE conveniant in O. Erit NO [4]) dimidia crassitudo ejus tubi ex illa parte, QP ex altera [5]); quantæ ad minimum requiruntur, ut tubus intus plane obscurus fiat; quantacunque fuerit tubi longitudo.

Rectæ BE, BG, BI, BL productæ usque in latus tubi OP, referunt radios lucis; et apparet lucem inde ortam non posse percipi ab ullo puncto aperturæ seu lentis CD, ductis DEO, DGR, DIS, DLT quæ cum prioribus conveniunt in ipsa linea OP. quod tamen demonstrandum superest [6]).

Fit QP ∞ QC + $\frac{1}{2}$ NA [5]). Et NO ∞ NA + $\frac{1}{2}$QC [4]). quæ regula observanda cum 5 partibus tubus constat. at si 4 partibus, sit QP ∞ QC + $\frac{2}{3}$ NA, et

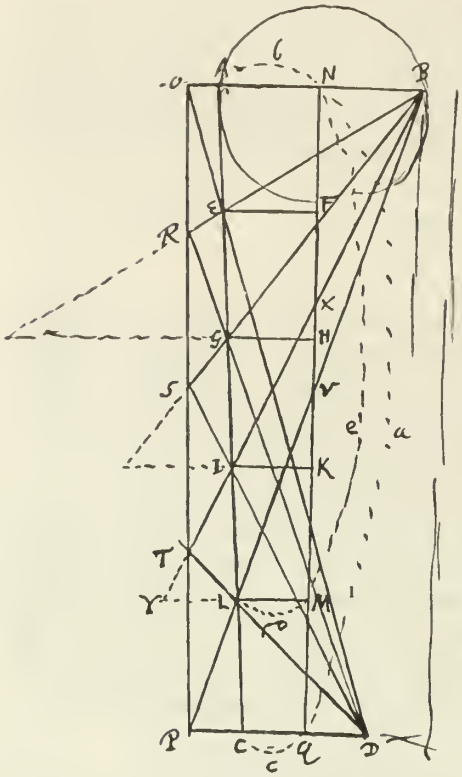
---

[4]) Posant AN $= b$, CQ $= c$ on trouve, pour le cas de n diaphragmes, OA $= \frac{2c}{n-1}$; puisque OA : CD $(2c)$ = AE : EC = NF : FQ = $1 : n - 1$. Donc NO $= b + \frac{2c}{n-1}$.

[5]) Au cas général PQ $= c + \frac{2b}{n-1}$.

[6]) Il n'en est rien. Huygens s'est laissé tromper par les apparences. Toutefois la construction est bonne. En effet, il est clair d'abord que le tube ne peut pas être rétréci ni à l'un ni à l'autre bout sans manquer le but proposé. Ensuite nous montrerons qu'aucune lumière ne peut pénétrer dans l'oeil par l'intermédiaire de la paroi. Soit à cet effet S le point d'intersection de DI avec la paroi et S′ celui de BG avec la même paroi. Il suffira alors de démontrer que dans tous les compartiments du tube la somme des distances de S au plan CD et de S′ au plan AN dépasse ou égale la longueur NQ $= l$ du tube. Soit donc QK $= \frac{p}{n} l$ et, par conséquent, IK $= \frac{p}{n} b + \frac{n-p}{n} c$; si nous prenons alors QN et QP pour l'axe des x et des y d'un système de coordonnées, on trouvera $y = \frac{pb + (2n-p)c}{pl} x - c$ pour l'équation de la droite DI et $y =$

[Fig. 7.]



et NO ∞ NA + $\frac{2}{3}$QC. Si vero 3 partibus, fit QP ∞ QC + NA et NO ∞ NA + QC. Si duabus, fit QP ∞ QC + 2NA. NO ∞ NA + 2QC.

[NQ ∞ a; AN ∞ NB ∞ b; CQ ∞ ∞ QD ∞ c.] [1])

LM + NB ($\frac{4}{5}c + \frac{6}{5}b$) ad NB($b$) ut NM ($\frac{4}{5}a$) ad NV $\left(\frac{2ab}{2c+3b}\right)$

NV $\left(\frac{2ab}{2c+3b}\right)$ ad NB(b) ut VQ $\left(a - \frac{2ab}{2c+3b}\right)$ ad PQ ($c + \frac{1}{2}b$) [2])

NO ∞ $b + \frac{1}{2}c$

[LM ∞ d; MN ∞ e]

IK + NB ($\frac{3}{4}d + \frac{5}{4}b$) ad NB($b$) ut KN ($\frac{3}{4}e$) ad NX $\frac{3be}{3d+5b}$

$= \frac{(n-1)b+2c}{(n-1)l}x + \frac{2b+(n-1)c}{(n-1)l}(l-x)$ pour celle de la droite OP. Il en résulte $x_S = \frac{b+(n-1)c}{b+\left(\frac{n(n-1)}{p}-1\right)c}l$. Si nous remplaçons dans cette formule b par c, c par b et p par $n-p-1$, on aura $\frac{c+(n-1)b}{c+\left(\frac{n(n-1)}{n-p-1}-1\right)b}l$ pour la distance de S′ au plan AN. Or, l'excès sur l de la somme de x_S et de cette dernière distance se trouve être égal à

$$\frac{(n-1)(b-c)^2}{\left(b+\left(\frac{n(n-1)}{p}-1\right)c\right)\left(c+\left(\frac{n(n-1)}{n-p-1}-1\right)b\right)}l,$$

expression essentiellement positive excepté pour le premier et le dernier compartiment, où elle devient égale à zero, puisqu' alors on a respectivement $p = 0$, et $p = n-1$.

Remarquons encore que pour $b = c$, c'est-à-dire pour un tube cylindrique, les points S et S′ se confondent pour tous les compartiments. C'est le cas de la figure 5 de la première partie dans laquelle on aura donc, au cas général, HG $= \frac{n+1}{n-1}b$.

$$NX\left(\frac{3be}{3d+5b}\right) \text{ ad } NB(b) \text{ ut } XM\left(e-\frac{3be}{3d+5b}\right) \text{ ad } MY\ (d+\tfrac{2}{3}b)$$

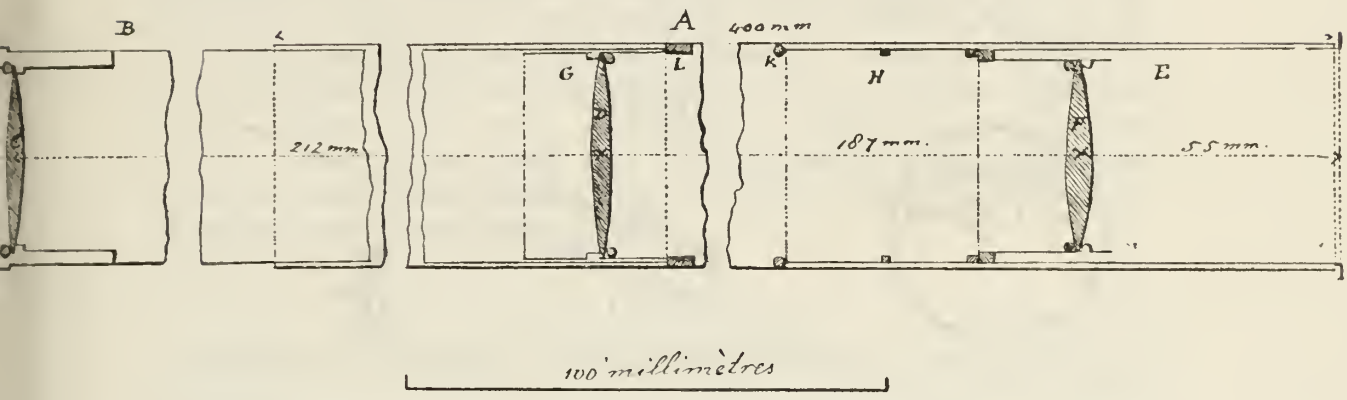
imo facile erat videre LY esse ∞ $\frac{1}{3}$AB sive $\frac{2}{3}$AN quia AI ad IL ut 3 ad 1.

§ 7.

[1683.]

[Oculaire d'une lunette[3]) de Huygens qui se trouve à l'Observatoire de Leyde.]

[Fig. 8.]



[1]) Dans ce qui suit Huygens a évidemment voulu déterminer la position des points d'intersection R, S, T, mais il n'a pas achevé le calcul.

[2]) Comparez les notes 4 et 5 de la p. 605, qui précède.

[3]) La lunette en question porte un objectif sur lequel Huygens écrivit, avec un diamant, sur l'un des côtés sa signature caractéristique „Chr. Hugenius f." et sur l'autre „Ped. 12 Opt." Le tube en fer blanc est composé de 5 pièces, entrant l'une dans l'autre, sans compter l'oculaire terrestre qui contient trois lentilles, disposées d'après les indications données dans la Prop. V, p. 469.

La figure ci-jointe fait connaître en détail la disposition de cet oculaire, qui nous semble être identique avec celui qui est mentionné dans les lettres échangées par les frères Huygens en mars et avril 1683; voir les pp. 411, 412, 415, 416, 417, 419 et 420 du T. VIII.

On distingue dans la figure le tube A d'une longueur de 400 mM., dans lequel se trouve du côté de l'objectif un tube B contenant deux lentilles biconvexes C et D de 38 et de 40 mM. de diamètre, ayant des distances focales de 104 et de 106 mM., et du côté de l'oeil un tube E contenant la lentille biconvexe F ayant un diamètre de 38 mM. et une distance focale de 77 mM. La lentille C a une position invariable dans le tube B, tandis que la lentille D, fixée

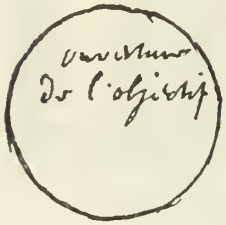
§ 8 [1]).

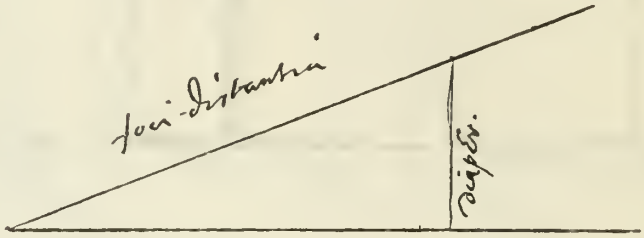
[1683.]

[Sur une lunette de Coveri.] [2])

25 mars [3]) Vu une lunette de 6 pieds 10 pouc. de Stefano Coueri a Livorno à 4 verres. l'ouverture de l'objectif eſtoit celle cy ſcavoir d'un pouce, et $\frac{1}{2}$ ligne. la diſtance du foier des oculaires depuis le milieu du verre, 2 pouces $\frac{4}{10}$. l'ouverture du diaphragme $10\frac{1}{2}$ ligne. la grandeur des oculaires preſque la moitie de leur diſtance de foier.

[Fig. 9.]





dans un petit tube G qui glisse dans B, peut être rapprochée ou éloignée de C ; la plus grande distance entre les deux, telle qu'elle est indiquée dans la figure, étant de 212 mM.

La lentille F est fixée dans le tube E qu'on peut enfoncer dans A, jusqu'à ce qu'il butte contre l'extrémité d'un autre tube H qui peut glisser aussi dans A mais qui est retenu en place par un anneau ressort K.

Quand, du côté de l'objectif, on enfonce le tube B autant que possible dans le tube A, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il touche l'anneau L, et que du côté de l'oeil on enfonce entièrement le tube E, comme nous l'avons indiqué dans la figure, la distance des lentilles D et F est de 187 mM. Celle de F jusqu'au bord du tube, où l'on place l'oeil, est de 55 mM.

Ajoutons qu'on n'aperçoit nulle part une trace de diaphragmes.

Afin que cette combinaison de lentilles satisfasse aux conditions exposées dans la Prop. V citée, il faut que les distances focales de C et D soient les mêmes, ce qui est le cas à fort peu près, et que la distance de ces deux lentilles (212 mM.) soit égale à la somme (210 mM.) de leurs distances focales. Quant à la troisième lentille F, sa distance focale de 77 mM. diffère sensiblement de celles des autres, mais la condition que les rayons venant d'un point à distance infinie redeviennent parallèles entre eux après leur sortie de la lentille F peut être remplie à peu près, puisqu'elle exige que la somme des distances focales des lentilles D et F, laquelle est de 183 mM., soit égale à leur distance mutuelle qu'on peut réduire à 187 mM. D'ailleurs il est clair qu'on peut obtenir un parallélisme complet p. e. en diminuant un peu la

§ 9 [4]).

[1684.]

[Manière d'obſerver les ſatellites de Saturne et d'autres petites étoiles.] [5])

Ad comites Saturni aliasque minimas ſtellulas conſpiciendas poſſet apertura teleſcopij multo amplior ſolita uſurpari, quia enim tantum ut puncta apparent iſtæ ſtellulæ nihil prodeſt earum diametros amplificari teleſcopio, ſed oportet ut quanta poſſunt luce clareſcant. Ideo augeatur apertura vel ad duplam ſolitæ latitudinem, ſimulque lens ocularis aſſumatur dupla majori foci diſtantia. Sic fiet ut ſtellulæ iſtæ quadruplo clariores appareant, et tamen æque diſtinctæ ſeu terminatæ. Sane duplo minus amplificabuntur; ſed hoc nihil hic refert. Hac ratione poſſemus aucta apertura in teleſcopio 30 pedum, ſatellites Saturnios æque ac nunc 120 pedes longo intueri, quia in quadrupla longitudine dupla tantum adhibetur aperturæ diameter [6]). Unde patet eandem tunc fore in teleſcopio 30 ped. quæ alias 120 pedali convenit.

CF [Fig. 11], **cf** [Fig. 10] ſint æquales foci diſtantiæ. Aperturæ AC, **ac** inæquales.

Cum aberrationes extremorum radiorum FQ, **fq** ſint inter ſe ut ſemidiam.i

---

distance entre l'objectif et le système des trois oculaires.

En écartant le tube B on peut obtenir une lunette astronomique avec une seule lentille oculaire, donnant le même grossissement.

On trouvera encore d'autres détails sur cette lunette avec une exposition des résultats d'une investigation de ses qualités optiques aux pp. 409—412 et 423—429 d'un article de feu l'astronome de Leyde F. Kaiser „Iets over de kijkers van de gebroeders Christiaan Huygens" dans les „Verslagen en Mededeelingen van het Koninklijk Nederlandsch Instituut" de l'année 1846.

[1]) La pièce se trouve à la p. 169 du Manuscrit F.

[2]) On peut consulter sur cette lunette les pp. 415 et 420 du T. VIII, d'après lesquelles elle grossissait 31 fois et fut jugée par Huygens „tres excellente et bien ordonnée."

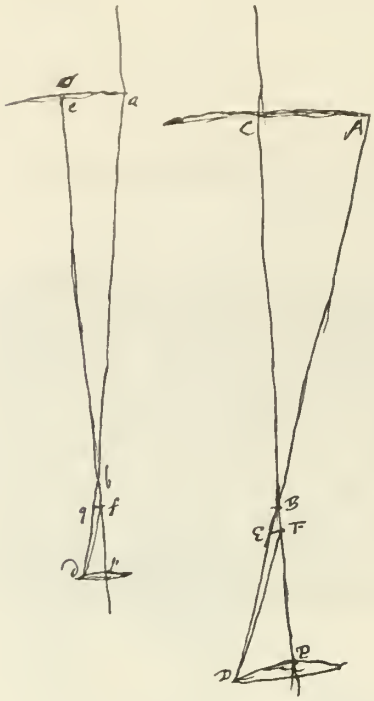
[3]) Sans doute le 25 mars 1683 d'après le lieu que la pièce occupe au Manuscrit F.

[4]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 182 du Manuscrit F. D'après le lieu où il se trouve, il doit dater d'un des premiers mois de 1684.

[5]) Comparez le dernier alinéa de la p. 511.

[6]) Voir la règle qui commence en bas de la p. 487.

[Fig. 10.] [Fig. 11.]



apertura rum AC, **ac**. nam BF, **bf** ſunt æquales, (ut patet ex ijs quæ pag. ſequ. dicta ſunt [1])) ſicut autem FQ ad **fq** ita debeat eſſe FD ad **fd**, ſeu FP ad **fp**, ut fiant anguli æquales FDQ, **fdq**; unde æque perfecta terminatio conſequitur; Ergo ſicut AC ad **ac**, ita debet eſſe FP ad **fp** quæ ſunt ocularium lentium foci diſtantiæ.

Parandæ igitur lentes 20 vel 30 pedum ſed tam amplæ ut poſſint aperturas habere $4\frac{9}{10}$ et 6 pollicum. Sunt enim expeditiora ad uſum breviora teleſcopia.

Ut ne noceat Saturni claritas, poteſt virgula papyracea per mediam lentem ocularem [2]), vel potius in foco lentis majoris apponi quæ Saturni corpus tegat, dum ſatellites quæruntur.

Videri poſſet ſexdecuplo clariora omnia apparitura [3]), quia imagines ad quadruplo minus ſpatium arctantur in fundo oculi, et hoc ita erit, præterquam in comitibus Planetarum et ſtellis fixis quia cum tantum velut puncta ſint in oculo earum imagines teleſcopio utroque viſæ, unice attendendum eſt quantum lucis colligatur ad iſta puncta illuſtranda. quanto enim plus colligitur tanto melius cernentur hujuſmodi ſtellulæ, nec refert fere qualis ſit lens ocularis.

---

[1]) Il s'agit du § 1 de l'Appendice VIII; voir la p. 621 qui suit. Comparez encore les p. 483—485, où l'aberration chromatique des lentilles est traitée plus amplement.

[2]) En effet, si l'on a égard aux petites dimensions, lorsqu'ils traversent l'oculaire, des faisceaux de lumière (voir les p. 507—509) qui partent des différents points d'un objet éloigné, on voit que de cette manière on peut écarter la lumière venant de Saturne sans affaiblir la clarté des images des satellites.

[3]) Comparez toujours le dernier alinéa de la p. 511.

[4]) La pièce est empruntée à la p. 251 du Manuscrit F et doit dater de 1686 ou 1687.

[5]) La pupille étant considérée comme un point unique, Huygens va comparer les champs de vision qu'on obtient en plaçant l'oeil au foyer **d** de l'oculaire et en le plaçant au point **a** où

§ 10 [4]).

[1686.]

[Confidérations fur la grandeur du champ de vifion; la pupille de l'oeil étant confidérée comme réduite à un feul point [5]).]

[Première Partie.]

dc ∞ 10; **cz** ∞ 10; **zg** ∞ 100 [; **ac** ∞ 8]

[Fig. 12.]

ad(2) ad **ac**(8) ut **ac** (8) ad **ae**(32) [6])

ac(8)

ce(40)

le diamètre de ce champ est un maximum. Pour trouver ce dernier point on doit chercher l'intersection avec l'axe **el** du rayon **lifa** dont la partie qui se trouve entre les lentilles passe par les contours de l'objectif **gi** et de l'oculaire **cf**. Or, puisque **khfd** représente le rayon qui passe par le foyer **d** de l'oculaire, il est clair que le rapport cherché des diamètres des deux champs de vision est égal à celui des angles **hkg** et **ilg**, c'est-à-dire, par approximation, au rapport de $\frac{\mathbf{hg}}{\mathbf{gk}}$ et de $\frac{\mathbf{ig}}{\mathbf{gl}}$; c'est la méthode suivie dans la première partie. Posons, pour la rendre plus générale, **dc** = **cz** = f, **gz** = **gk** = F, 2**fc** = 2**hg** = δ, 2**gi** = d, **ac** = x, **ec** = y, **gl** = z, on trouve alors successivement $y = fx : (f - x)$, $z = \mathrm{F}(y + f + \mathrm{F}) : : (y + f)$, $d = (\mathrm{F} + y + f)\delta : y$. On en déduit, **ilg** = $\frac{1}{2}d : z = \frac{1}{2}(y + f)\delta : \mathrm{F}y = \frac{1}{2}f\delta : \mathrm{F}x$, mais **hkg** = $\frac{1}{2}\delta : \mathrm{F}$, donc **hkg** : **ilg** = $x : f$.

Or, ce résultat simple : que les diamètres des champs de vision en **d** et en **a** sont dans le rapport de **ac** à **dc**, se laisse déduire d'une autre façon si l'on considère **fdc** et **fac** comme des angles très petits, ce qu'on doit supposer aussi pour pouvoir appliquer les formules qui précèdent. Dans cette supposition il est clair que les angles qui déterminent les champs de vision se trouveront en divisant les angles **fdc** et **fac** par les grossissements correspondants; mais ces grossissements sont égaux d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233, les diamètres des champs de vision sont donc proportionnels à ces derniers angles, qui, eux-mêmes, sont évidemment inversement proportionnels aux distances **df** et **af**, c'est-à-dire qu'ils sont dans le rapport de **ac** à **cd**. C'est le résultat de ce raisonnement qu'on retrouvera dans la deuxième Partie.

[6]) Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99; **a** et **e** sont des points correspondants par rapport à l'oculaire.

[Fig. 12.]

ez(50) ad **eg**(150) ut **eg**(150) ad **el**(450) [1])

eg(150)

gl(300)

ec(40) ad **cf**(2) ut **eg**(150) ad **gi**($7\frac{1}{2}$)

gl(300) ad **gi**($7\frac{1}{2}$) [2])

gk(100) ad **gh**(2) ut 300 ad 6

6 ad $7\frac{1}{2}$, ut 12 ad 15, ut 4 ad 5 [3])

[Deuxième Partie.]

Apertura objectivi ponitur æqualis foci dist.æ lentis ocularis [4]). apertura ocularis ponitur $\frac{4}{9}$ suæ foci distantiæ. Hinc posito oculo in foco ocularis **d**, fit angulus campi tantillo minor tantum quam si in **a** oculus ponatur ita ut radius **if** per margines utriusque vitri transiens cadat in **a**, fit enim **ad** minor quam $\frac{1}{120}$ **dc** [5]), ratio autem campi ex **d** et **a**, sicut angulus **fdc** ad **fac**, hoc est proximè ut **ac** ad **dc**.

Sit **cz** 3 poll. item **cd**. **zg** 460 poll. sive 30 ped. [sic!] **ig** $1\frac{1}{2}$ poll. **fc** $\frac{2}{3}$ poll. ∞ ∞ **hg**. Ergo **ih** ∞ $\frac{5}{6}$ poll.

ih ($\frac{5}{6}$) ad **hf** (463) ut **fc** ($\frac{2}{3}$) ad **ce** ($370\frac{2}{5}$)

cz (3)

ez ($373\frac{2}{5}$)

---

[1]) Détermination du point **l** qui correspond au point **e** par rapport à l'objectif.

[2]) **gi** : **gl** mesure le champ de vision dans le cas que l'oeil est placé en **a**.

[3]) Rapport des diamètres des champs de vision en **d** et en **a**.

[4]) Comparez la note 2 de la p. 496.

[5]) Avec les notations de la note 5, p. 610 on a $d = (F + y + f)\delta : y = [(F + f) f\delta - Fx\delta] : : fx$. On en déduit: $x = (F + f)f\delta : (F\delta + fd)$. On a donc en général:

$$\mathbf{ad} = f - x = \frac{(d-\delta)f^2}{F\delta + fd} = \frac{\left(1 - \frac{\delta}{d}\right)}{\left(\frac{F}{d\,f} + 1\right)} f;$$

ce qui donne dans les suppositions introduites ici, où $\delta = \frac{4}{9}f$ et $d = f$, $\mathbf{ad} = \frac{5}{4g + 9}\mathbf{dc}$,

10**ez**(3734) ad 10**ec**(3704) ut 10**ec**(3704) ad 10**ea**($3674\frac{1}{4}$)

10**ec** 3704		10**cd** 30	
10**ea** $3674\frac{1}{4}$		10**ac** $29\frac{3}{4}$	**da** ($\frac{1}{40}$) ad **dc** (3) ut 1 ad 120.
10**ac**	$29\frac{3}{4}$	10**da**	$\frac{1}{4}$

[Fig. 13.]

§ 11 [6]).

[1692.]

Ad pag. 86 dioptrices [7]).

G focus lentis magnæ; KV ∞ a foci dist. lentis K; GK ∞ $\frac{1}{3}a$; KS ∞ ∞ $\frac{1}{2}a$; HS ∞ $\frac{1}{4}a$ foci dist. lentis S; SM ∞ $\frac{1}{6}a$ oculi dist.a ad quem pervenient radij paralleli; A lens magna; ratio augmenti quæ AG ad GK [8]).

---

in tabula ratio augmenti est ut 310 ad 1 [9]). Sed fit ratio augmenti 300 ad 1.

300 ad 1 ut 200 (pedes foci dist.æ seu long.do telesc.) ad $\frac{20}{3}$ (KG); KV ∞ 3KG ∞ 2 ped.; $\frac{1}{4}$KV ∞ SH ∞ $\frac{1}{2}$, foci dist. lentis EF seu S. In telescopio 200 ped. lens ad K erit 2 pedum foci dist.; lens ad S erit $\frac{1}{2}$ ped. foci dist.

---

ratio augm. [10]) 250 ad 1 ut 130 (ped. foci dist. magnæ lentis seu long.o telesc. ad $\frac{13}{25}$ (KG); pedes $\frac{39}{25}$ ∞ KV ∞ a; $4\frac{2}{3}$ [poll.] fere SH lent.

---

où $g = F : f$ représente le grossissement. Tout dépend donc de ce grossissement. Or, il est clair que Huygens a en vue ici le cas numérique qui va suivre et où, en effet, les conditions $\delta = \frac{4}{9}f$ et $d = f$ se trouvent réalisées. Dans ce cas on a $g = \frac{460}{3}$; donc $\mathbf{ad} = \frac{15}{1867}\mathbf{dc} = \frac{1}{124\frac{7}{15}}\mathbf{dc} < \frac{1}{120}\mathbf{dc}$.

6) La pièce est empruntée à la p. 47 du Manuscrit H et doit être datée de 1692 d'après le lieu où elle se trouve. Elle donne deux nouveaux exemples de lunettes construites d'après les règles exposées dans la Prop. IV, p. 461 et appliquées aux fig. 11 et 12 de la p. 462. Et il nous semble que du moins le deuxième exemple, où les dimensions des lentilles sont indiquées, a dû correspondre à une lunette employée par Huygens.

7) C'est la page dont il est question dans la note 2 de la p. 463 du Tome présent.

8) Comparez pour ce qui précède le deuxième alinéa de la p. 463.

9) Voir le Tableau de la p. 499. Il s'agit d'un télescope de 200 pieds.

10) Voir dans le même Tableau les données pour un télescope de 130 pieds.

ad S foc. diſt. cujus diam. circiter $2\frac{2}{5}$ poll.; $18\frac{3}{4}$ poll. fere lens ad K ſive diſt. KV cujus diameter circiter 6 poll.

Ut ſiat EF ad SM ut 4 ad 5 [1]).

§ 12 [2]).

[1692.]

[Fig. 14.]

lens major 30 ped. foci diſt. habet aperturam 3 poll. [3]) et ocularem cujus foci diſt. poll. 3.

AB foc. diſt. lentis magn. 360 ad BH foc. diſt. oculi 3 ut EF apert. 3 ad CD $\frac{2}{360}$ latit.do quam in lente oculari et in pupilla occupant radij a puncto viſibilis egreſſi. vocetur Latitudo ad oculum.

CD $\frac{1}{40}$ pollicis, ſeu minus quam $\frac{1}{3}$ lineæ.

---

120 pedis foci diſt. lentis maj.

1440 ad 6 f. d. ocul. [3]) ut 6 apert. ad $\frac{1}{40}$ latitudo ad pupillam eadem.

aperturæ et foci diſtantiæ ocularium in duobus teleſcopijs ſunt in ſubdupla ratione foci diſtantiarum lentium magnarum [4]).

§ 13 [5]).

[1692.]

minus diſtat claritas teleſcopij a claritate oculi in aere aperto quam intra ædes, quia illic minor apertura pupillæ nudæ quam hic. hinc quæ intra ædes ſunt obſcure cernuntur teleſ.o. Tamen obſcurius videtur teleſcopium in aere aperto, quia oculi multa luce hebetiores fiunt ad conſpicienda obſcuriora.

---

[1]) On a EF = $2\frac{2}{5}$ pouce, SM = $\frac{1}{6}a = \frac{78}{25}$ pouce; donc, en réalité, EF : SM = 4 : $5\frac{1}{5}$.

[2]) La pièce est empruntée à la p. 55 du Manuscrit II. Sur son contenu on peut consulter les p. 507—509.

foci dist. ocularium in diurno ($1\frac{8}{10}$ poll.) cujus exterior habet f. dist. 30 poll. seu $2\frac{1}{2}$ ped. sed eidem ex tabula debetur oculare cujus f. dist. $\frac{86}{100}$ poll. [6]) nempe ad nocturnas. multiplicatio ut $16\frac{2}{3}$ ad 1 [7]).

Ergo ocularis $4\frac{1}{10}$ poll. debetur objectivæ 13 ped. ad diurna [8]) quia objectivæ

13 ped. ex tabula debetur ocularis $\frac{197}{100}$ poll. [3]) (utor $2\frac{2}{10}$ poll. nempe secundum correctam tabulam) [9]).

Sed dedi oculare ad diurna $2\frac{8}{10}$ poll. Ergo non respondet claritas ei quæ in minori telescopio diurno, sed duplo et amplius minor est. $2\frac{8}{10}$ ad $4\frac{1}{10}$; 28 ad 41 prox. ut 2 ad 3 claritas ut 4 ad 9 prox.

§ 14 [10]).

[1692.]

Cur tribus ocularibus nihilo magis curventur lineæ rectæ quam una.

Si nulla esset aberratio radius à lævo rei visæ (lunæ puta) puncto, iret per HKLMNC [11]) [Fig. 15] ad oculum C et semidiam. lunæ videretur ang.o NCV.

---

3) Comparez le Tableau de la p. 499.

4) Comparez la règle qui commence en bas de la p. 487.

5) Les annotations qui suivent se trouvent aux pp. 56 et 62 du Manuscrit H. Elles traitent les conditions différentes de l'emploi des lunettes dans la maison et en plein air, pendant le jour et pendant la nuit. Comparez la p. 505.

6) Le Tableau de la p. 497 donne 0,77 pour 2 et 0,95 pour 3 pieds, dont la moyenne égale 0,86; toutefois un petit calcul à part montre que Huygens a employé la règle de la note 2, p. 496, pour trouver 0,86.

7) C'est-à-dire pour un oculaire de la distance focale de $1\frac{8}{10}$ pouces, qu'on trouve tracée à côté. La distance de 0,86 pouces donne un grossissement de presque 35 fois.

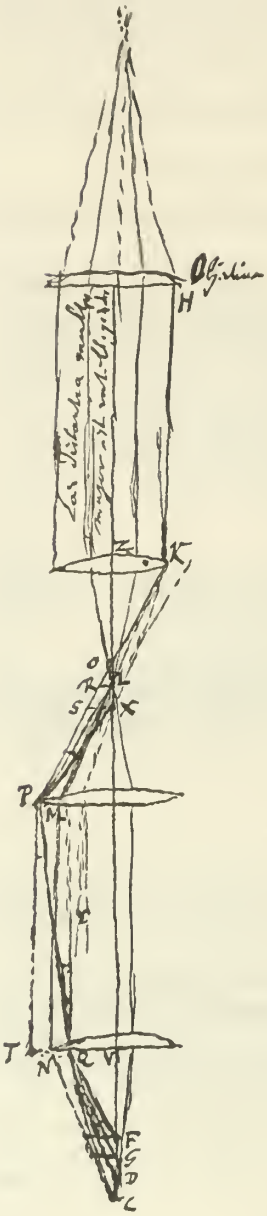
8) C'est-à-dire en supposant que les distances focales à employer pendant le jour sont proportionnelles à celles qui peuvent servir la nuit.

9) Il s'agit d'un tableau calculé d'après la règle du texte de la p. 495; c'est-à-dire en ajoutant un dixième à la distance focale indiquée par le Tableau de la p. 497.

10) La pièce qui suit est empruntée aux pp. 64 et 65 du Manuscrit H.

11) Parmi tous les rayons qui partent du point indiqué, Huygens choisit celui qui passe par le foyer de l'objectif, qu'on doit supposer se trouver à grande distance du premier oculaire ZK qui appartient à un système de trois lentilles oculaires, tel que celui considéré dans la Prop. V. p. 469. Comparez la Fig. 15 de cette page.

[Fig. 15.]



Nunc propter aberrationem fertur per HKRPQF [1]). hoc eſt ſi ponatur oculus ad F videbitur lunæ ſemidiameter angulo QFV. Ideoque et poſito oculo in C videbitur idem ſemidiam. ang.o qui ſit æqualis QFV, per prop. [XIII, Part. I, Lib. II] [2]). Cognoſcenda eſt igitur differentia inter angulos NCV, QFV. quam dico æqualem eſſe angulo ſimplicis aberrationis LKO, ac propterea nihilo magis curvari lineas rectas (hujus cauſa bene exponenda eſt [3])) poſitis 3 ocularibus quam uno.

Nam poſita LX ∞ LO; quia radius XP iret in PT axi parallelus [4]), ibit KOP per PQ, ut ſit ang. TPQ ∞ OPX. Sit QY parall. PT. Jam rad. YQ iret per QD, faciens aberrationem CD ∞ OL. Ergo rad. PQ ibit per QF, ut ſit ang. FQD ∞ YQP. Jam ang. NCQ eſt æqu. PLM [5]), hoc eſt duplo RKL. ang. vero CQF ∞ 3 ang. CQD [6]) ſive 3 ang. RKL. atqui ang. NCQ + QCV eſt æqu. NCV. Et ang. CQF + QCV eſt æqu. QFV. Ergo QFV ſuperat NCV quantum CQF ſuperat NCQ hoc eſt angulo RKL. Ergo ſeu tribus ocularibus ſeu uno apparebit ½ diam. Lunæ ang.o NCV + RKL cum debuerit videri ang.o NCV ſeu ZLK abſque aberratione. nam circa lunæ medium ſit ampliatio quaſi abſque aberratione.

[1]) Il est vrai que HKRPQF ne représente qu'un seul des rayons qui, partant du point donné de l'objet, atteignent l'objectif de la lunette et pénètrent dans l'oeil de l'observateur; mais on sait que le faisceau formé par ces rayons se réduit dans les lunettes employées par Huygens à des dimensions très petites lorsqu'il tombe sur la première lentille de l'oculaire (voir la p. 509). On peut donc suivre à volonté un de ces rayons et choisir celui qui, entre l'objectif et la première lentille de l'oculaire, prend exactement la direction de l'axe; cela est d'autant plus permis parce que tous ces rayons qui, en traversant les lentilles de l'oculaire, parcourent à peu près la même route deviendront par première approximation parallèles entre eux avant d'entrer dans la pupille (voir la fig. 14 de la p. 472).

[2]) Voir la p. 233.

[3]) Voir plus bas sous l'en-tête „causa curvaturæ".

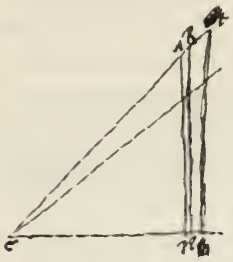
[4]) Puisque les lentilles ZK et PM sont de dimensions égales et qu'ainsi leurs aberrations sphériques sur l'axe, OL et LX, doivent être les mêmes.

[5]) Les distances mutuelles des trois lentilles étant égales, on a approximativement PT = 2PS,

Cauſa curvaturæ.

[Fig. 16.]

[Fig. 17.]



Partes rei viſæ quæ prope axem ſunt minus augentur quam quæ remotiores ab eo; quod fit ex aberratione lentium [7]).

CA augetur $\frac{1}{18}$ ſui, ut A ſit in R.

CP augetur $\frac{1}{36}$ ſui, ut P ſit in Q.

Ergo AP curvatur in RQ.

donc TQ = 2SX, puisque ∠TPQ = ∠OPX. Mais NQ = TQ — TN = 2SX — PM = = 4RL — PM = 2PM — PM = PM, donc enfin ∠NCQ = ∠PLM; c'est-à-dire par approximation, de même que toutes les égalités traitées ici.

[6]) Puisque CQF = CQD + DQF et DQF = YQP = TPQ = OPX = 2OPL = 2RKL, tandis que RKL = CQD puisque CD = OL, LK = ZL = CV = CQ, et puisqu'enfin ZK ne diffère pas sensiblement de QV.

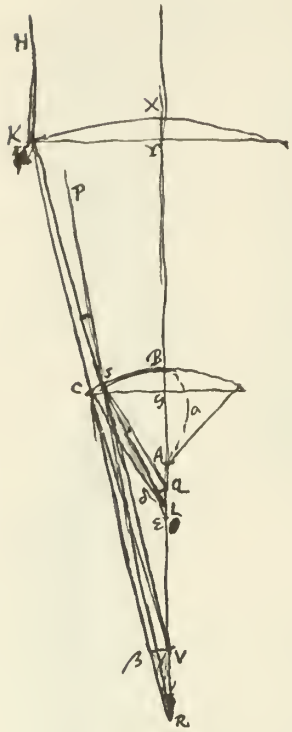
[7]) On rencontre une figure tout-à-fait semblable à la Fig. 16 dans le Manuscrit D à la p. 406, où elle est accompagnée de la seule phrase „de deformatione specierum per lentes visarum, et cur rectæ lineæ curvæ appareant"; annotation qui doit dater de 1673.

APPENDICE VII [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1690?] [2])

[Fig. 1.]



Radiorum axi parallelorum et proximorum concurſus punctum eſt E penetratis lentibus XKY et BCG quæ binæ ponuntur oculares in teleſcopio, ut majorem campum ferat [3]) quam poſita una oculari æquivalente.

ſert autem majorem campum quia minorem habet aberrationis angulum radiorum a diverſis rei viſæ punctis venientium [4]).

XR ∞ 2BR; BA ∞ $\frac{1}{4}$BR [5]); BE ∞ $\frac{1}{3}$BR [6])

radius KCR iret in CL.

radius HK non it in KCR ſed in KSV.

radius PSR cenſetur ire SL, quia CS planè minima [7]).

Ergo KS ibit in SQ, ut ſit ang. LSQ ∞ KSP [8]), ſive RSV, ſive RCV.

Sed ponitur BR ad BL; ſive CV ad SQ ut 4 ad $\frac{4}{3}$ [9]), hoc eſt ut 3 ad 1.

Ergo Vβ ∞ 3δQ. hinc VR ∞ 9QL [10]) prox.

---

[1]) La pièce occupe la partie inférieure de la page 31.3 du manuscrit mentionné dans la note 1 de l'Appendice I, p. 355 du Tome présent (Consultez encore la note 2 de la p. 407). Huygens y compare, sous le point de vue de l'aberration sphérique, les oculaires qu'il mentionne au dernier alinéa (p. 467) de la Prop. IV, dont l'un est composé et l'autre simple.

[2]) La date de cette pièce nous semble très incertaine. Le fait qu'aucune mention n'y est faite de l'aberration chromatique paraîtrait indiquer qu'elle fut composée avant 1673, année dans laquelle Huygens avait appris à reconnaître cette aberration comme la cause principale de l'imperfection des lunettes; de l'autre côté l'emploi de la notion de l'angle d'aberration la placerait plutôt dans une époque bien postérieure et nous croyons que cette dernière considération doit prévaloir.

Ajoutons que la date postérieure que nous avons choisie nous semble encore mieux fondée si la supposition est juste que nous exposerons dans la note 4, qui suit, sur le but véritable des calculs de la pièce présente.

[3]) Comparez l'avant-dernier alinéa de la p. 253 et l'énoncé avec le premier alinéa de la Prop. IV, Part. III, p. 461—463, qui tous les deux se rapportent au système oculaire traité dans l'Appendice présent.

BG ∞ XY [11]); VR ∞ $\frac{7}{8}$XY [12]) ∞ $\frac{7}{8}$BG; QL ∞ $\frac{1}{9}$ van $\frac{7}{8}$BG [13]) ∞ $\frac{7}{54}$BG
LE ∞ $\frac{1}{2}$BG [14])
QE ∞ $\frac{17}{27}$BG

aberrationis angulus continetur hic ratione SQ ∞ BL ∞ $\frac{4}{3}$AB [9]) sive $\frac{4}{3}a$, ad QE. $\frac{4}{3}a$ ad $\frac{17}{27}b$ [15]).

---

[4]) La conclusion semble hasardée, surtout si l'on prend en considération le résultat auquel Huygens est arrivé au début de la Prop. XI, Part. II (voir la p. 341), où il a démontré si clairement que, quant à l'aberration sphérique, l'effet de l'oculaire peut être négligé par rapport à celui de l'objectif. Et il y a encore une autre raison pourquoi l'aberration sphérique de l'oculaire ne pourra pas affaiblir sensiblement la netteté des images. C'est que, à cause de l'étroitesse du faisceau de rayons provenant d'un point de l'objet lorsque ce faisceau traverse l'oculaire, tous les rayons suivront dans l'oculaire à-peu-près le même chemin et que, par conséquent, ils subiront à très peu près la même déviation. Il s'ensuit que l'aberration sphérique dans l'oculaire ne causera qu'une déformation de l'image sans en diminuer la netteté, et il nous semble possible que la pièce présente avait pour but véritable, comme le § 14, p. 615, de l'Appendice précédent, de considérer cette déformation. Quoiqu'il en soit, Huygens dans ce qui suit va procéder à calculer pour les deux oculaires ce qu'il appelle l'angle d'aberration d'un rayon et il choisit pour cela le rayon NOCEM de la Fig. 11, p. 466, et le rayon correspondant (non pas dessiné) de la Fig. 13, p. 467. Il commence par le premier dont la partie inférieure est représentée dans la figure présente par la ligne HKCE.

[5]) R est le foyer de la lentille XKY, A le centre de la surface convexe de la lentille BCG. La distance focale de cette dernière lentille est donc 2AB (par la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81), qui est supposée ici égale à $\frac{1}{2}$BR = $\frac{1}{4}$XR. Il est donc clair que le système oculaire considéré est, en effet, identique avec celui décrit dans la note 2 de la p. 463, auquel système se rapportent les Prop. III, Part. I, Liv. III, p. 253 et la Prop. IV, Part. III, p. 461.

[6]) Par la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 99. E est le point qui correspond à R par rapport à la lentille BCG.

[7]) Puisque son aberration sphérique peut être censée égale à celle du rayon KC, c'est-à-dire à EL.

[8]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

[9]) BR = 4BA; BL = BE = $\frac{1}{3}$BR = $\frac{4}{3}$BA.

[10]) On a $\frac{VR}{\beta V} = \frac{RC}{CG}$; $\frac{QL}{\delta Q} = \frac{LS}{CG}$; donc $\frac{VR}{QL} = \frac{\beta V}{\delta Q} \times \frac{RC}{LS} = 3 \times \frac{RB}{EB} = 9$.

[11]) Puisque les distances focales des lentilles XKY et BCG sont dans le rapport de 4 à 1 (voir la note 5) il en est de même pour leurs rayons de courbure, mais alors, parce que KY = 2CG, on trouve facilement XY = BG en appliquant les Prop. I (p. 273) et II (p. 275), Part. II.

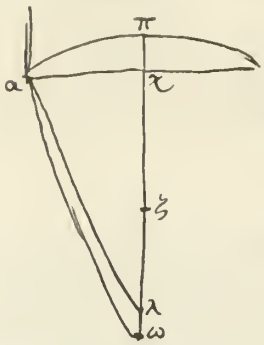
[12]) Par la règle de la p. 287; VR étant l'aberration sphérique du rayon HKR, causée par la lentille XKY.

[13]) Lisez QL est la neuvième partie de $\frac{7}{8}$BG; „van" est un mot hollandais.

[14]) Comparez le §8 de l'Appendice V à la deuxième Partie, p. 406—407. En effet la ligne LE de la figure présente est identique à celle de la Fig. 8 de la p. 406; toutes les deux représentent l'aberration sphérique du rayon extrême d'un faisceau dont les rayons se dirigeaient, avant leur réfraction par la lentille BCG, vers un point situé sur l'axe de la lentille à une distance égale à quatre fois son rayon de courbure.

[15]) C'est-à-dire, sin SEB : sin ESQ = $\frac{4}{3}a : \frac{17}{27}b$, où a = AB, b = BG = XY.

[Fig. 2.]



$\pi\omega$ [Fig. 2] foci dist. est $\frac{1}{3}$XR [Fig. 1] si una ocularis hæc æquipollens ponatur duabus XY, BG [1]).

$\pi\varkappa \infty$ 3BG ∞ $3b$ [2]); rad. $\zeta\pi \infty \frac{4}{3}a$; $\omega\pi, \omega\alpha \infty \frac{8}{3}a$; $\lambda\omega \infty \frac{7}{6}\, 3b$ [3]) $\infty \frac{7}{2}b$.

$\omega\alpha$ ad $\lambda\omega$ ut $\frac{8}{3}a$ ad $\frac{7}{2}b$, ut $\frac{4}{3}a$ ad $\frac{7}{4}b$; $\frac{4}{3}a$ eadem autem antecedens.

$\frac{7}{4}$ ad $\frac{17}{27}$ ut 189 ad 68, prox. ut 25 ad 9 [4]) ita anguli aberrationis [5]).

nota angulos $\alpha\lambda\omega$, SQE æquales esse.

---

[1]) L'égalité du grossissement exige $\pi\omega = \frac{1}{3}$XR (voir la p. 467); celle du champ de vision $\alpha\varkappa$ = KY.

[2]) Par la Prop. II, Part. II, p. 275, en comparant les lentilles XKY et $\pi\alpha\varkappa$ dont les rayons de courbure sont proportionnels à leur distances focales et où $\alpha\varkappa$ = KY. On a donc $\pi\varkappa$ = 3XY; mais XY = BG.

[3]) Par la règle de la p. 287.

[4]) La valeur approximative $\frac{25}{9}$ de la fraction $\frac{189}{68}$ est obtenue en développant cette dernière fraction suivant une fraction continue, lequel développement est arrêté après la division de 15 par 8, en écrivant 2 pour le quotient. De cette manière Huygens obtient par le même procédé qu'on emploierait maintenant: $2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{3 + \frac{1}{2}}} = \frac{25}{9}$.

[5]) On a $\omega\alpha : \lambda\omega$, c'est-à-dire, sin $\alpha\lambda\pi$: sin $\omega\alpha\lambda = \frac{4}{3}a : \frac{7}{4}b$; mais on avait trouvé pour l'autre système oculaire, sin SEB : sin ESQ $= \frac{4}{3}a : \frac{17}{27}b$. Or, l'angle $\alpha\lambda\pi$ ne diffère que d'une quantité fort petite de $\alpha\omega\pi$, qui correspond à l'angle αMβ de la Fig. 13, p. 467; et de même l'angle SEB peut être censé égal à l'angle SMF de la Fig. 11 (p. 466); mais d'après le dernier alinéa de la p. 467 on a αMβ = SMF; donc aussi, par approximation, $\alpha\lambda\pi$ = SEB. On peut donc déduire des deux proportions dont nous sommes partis:

$$\sin \omega\alpha\lambda : \sin \mathrm{ESQ} = \tfrac{7}{4} : \tfrac{17}{27}$$

où, par conséquent, les angles $\omega\alpha\lambda$ et ESQ représentent les „angles d'aberration" dont il s'agissait pour Huygens de déterminer le rapport; mais on doit remarquer que l'angle ESQ ne satisfait pas à la notion d'„angle d'aberration", telle qu'on la rencontre si fréquemment dans les recherches sur le microscope qui constituent la dernière partie de la „Dioptrique". En effet, comme nous l'avons expliqué dans la note 3 de la p. 538, l'angle d'aberration employé dans ces recherches est défini par la différence entre la direction finale d'un rayon donné, quand on néglige l'aberration sphérique, et la direction qu'il prend réellement. Or, la première de ces directions serait pour le rayon HK la direction CE dont l'angle avec SQ n'est pas égal à ESQ mais à ESQ diminué de CES. Or, $\angle$CES $= \frac{21}{68}.\angle$ESQ; puisque $\angle$ESQ $= \frac{17}{36}\frac{b}{a}.\angle$SEB et qu'on trouve successivement $\angle$CES = CS : EB $= \frac{1}{2}\beta$V : $\frac{4}{3}a = \frac{3}{2}\delta$Q : $\frac{4}{3}a = \frac{9}{8}$QL.$\angle$SLB $= \frac{7}{48}\frac{b}{a}.\angle$SEB. Ainsi le véritable angle d'aberration est égale à la $\frac{47^{\text{ième}}}{68}$ partie de l'angle ESQ.

APPENDICE VIII [1])

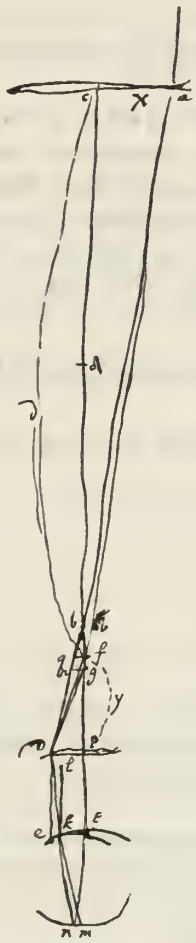
À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1684.]

[Premières recherches ſur le rôle de l'aberration chromatique dans les lunettes et dans les microſcopes.]

[Fig. 1.]

[Fig. 2.]



§ 1.

Aperturarum diametri in ſubdupla ratione foci diſtantiarum; poſita radij diſperſione velut ex diverſis duabus refractionibus minimum quid diſcrepantibus [2]).

Hæc ut intelligantur videnda quæ in dioptricis de aperturarum ratione quæſivi [3]) quibuſque fundamentum erat aberratio ob figuram ſphæricam. quæ jam inutilia.

Hic vitium et aberratio ex figura ſphærica non attenditur, utpote nullius momenti præ illa quæ ex diſperſione radij newtoniana [4]).

Itaque duplex veluti refractio conſideratur, quarum alterâ radij paralleli in lentem AC [Fig. 1] incidentes ponuntur convenire accuratè in F, alterâ in B, unde extremi radij in A cadentis aberratio ex diſperſione erit FQ. Et eſt CB ad BF ut **cb** [Fig. 2] ad **bf** quia utrobique ſunt duæ diverſæ proportionis refractiones. nam ſi ex. gratia, ſit CF ∞

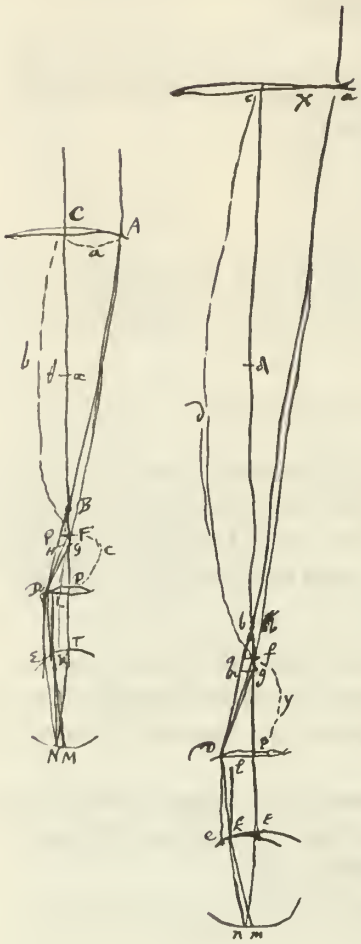
[1]) L'Appendice présent est emprunté aux p. 183—185 du Manuscrit F et doit être daté, d'après le lieu qu'il y occupe, des premiers mois de 1684. Nous l'avons divisé en paragraphes.

[2]) Comparez la proposition qui commence en bas de la p. 487.

[3]) Comparez les p. 339—353 des „Rejecta".

[4]) Comparez les p. 485—487. On lit encore ailleurs sur la

[Fig. 1.] [Fig. 2.]



∞ duplum radij Cα quo ſuperficies AC deſcripta eſt : et CB ∞ $\frac{21}{10}$Cα. Erit et **cf** ∞ duplum radij δ**c**, et **cb** ∞ $\frac{21}{10}\delta$**c**. Hinc eſt quod dixi CA ad QF ut **ca** ad **qf**.

F focus communis lentium AC, DP. qui ex F in D, pergit in DE parallelus axi. Ergo BD per DK, ut ſit ang. EDK ∞ FDB, per theorema. . . [1]).

FD quidem rubri coloris, ſed ponitur lens PD tanquam hoc vitio colorum carens ex theoremate ſimili ei quod pag. 32 in Rejectis [2]). hic nempe rubri et cæſij [3]) eadem ponitur refr.o [4]).

ET eſt pupilla oculi, in quo aberratio NM [5]), quæ tunc utrobique æqualis erit ſi anguli QDF, **qdf** ſint æquales.

Nam oculi conſtitutio eſt ea ut radij in pupillam paralleli axi, ut **lk**, conveniant omnes ad unum punctum **n**. ang.i æquales ſunt **fdq**, **kde**, **dkl**; cujus **dkl** certa pars eſt **nkm** [6]), nec refert quanta. ſi igitur QDF, **qdf** æquales erunt et aberrationes in fundo oculi æquales NM, **nm**.

ptn eſt recta.

ut amplificatio minoris teleſcopij $\left(\frac{b}{c}\right)$ ad amplif. majoris $\left(\frac{d}{y}\right)$ ita $\frac{1}{2}$ diam. aperturæ in minori (a) ad $\frac{1}{2}$ diam. aperturæ in majori x [7]).

même page du Manuscrit présent: „Concurſus perfectus ponitur rubrorum ad F. Cæruleorum ad B cum aberratio ob figuram nullius hic ſit momenti, ſi ad eam quæ ex coloribus comparetur, ut calculo probari poteſt."

[1]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

[2]) Voir la p. 341 ; mais consultez aussi le dernier alinéa du paragraphe présent.

[3]) Deux pages plus loin on trouve l'annotation suivante: Cæsius, cæruleus. caesius purpurascens caeruleum mare, Cicer." Ajoutons que dans le texte de la „Dioptrique" on trouve partout: „violaceus"; voir les pp. 483, 485, etc.

$$\frac{bx}{c} \infty \frac{ad}{y}; bxy \infty adc; y \infty \frac{adc}{bx}$$

ut CA (a) ad QF (n) ita **ca** (x) ad **fq** $\left(\frac{nx}{a}\right)$

ut **fq** $\left(\frac{nx}{a}\right)$ ad **fp** pro **fd** $\left(\frac{adc}{bx}\right)$ ita QF (n) ad FP (c) [8])

$$\frac{cx}{a} \infty \frac{adc}{bx}; bxx \infty aad; xx \infty \frac{aad}{b}$$

$$x \infty \sqrt{\frac{aad}{b}} \infty a\sqrt{\frac{d}{b}}$$ [9])

$$y \infty \frac{adc}{a\sqrt{bd}} \infty \frac{dc}{\sqrt{bd}} \infty \frac{\sqrt{ddcc}}{\sqrt{bd}} \infty c\sqrt{\frac{d}{b}}$$

x ad y ut a ad c

[CF]b ad [CF + FP] $(b+c)$ ut QF (n) ad GH [10]) $\left(\frac{nb+nc}{b}\right)$ seu $n + \frac{nc}{b}$; et ita $\angle$ FDQ ad GDQ. hoc est [ut n ad] $n +$ minimo quod recte potest negligi. imo tantum negligitur quod non eadem ratio BF ad FG quæ **bf** ad **fg**. nam BF ad **bf** ut b ad d, sed FG ad **fg** ut c ad y, seu c ad $\frac{adc}{bx}$ seu bx ad ad seu $a\sqrt{bd}$ ad ad seu $\sqrt{bd}$ ad d.

---

4) Plus bas la même hypothèse est faite implicitement pour la matière de l'oeil. Voir à ce propos la note 2, p. 491.

5) À la même page du manuscrit on trouve encore: „Concursus rubrorum esset in N".

6) Comparez le deuxième alinéa de la p. 345.

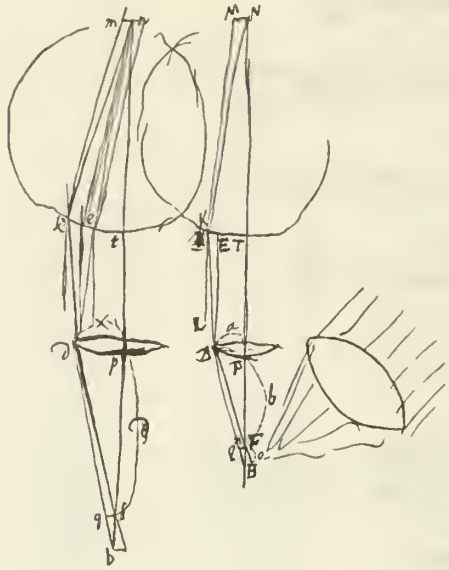
7) C'est-à-dire, afin que la clarté des images soit la même dans les deux télescopes.

8) Cette proportion résulte de l'égalité des angles QDF et **qdf.**

9) Il en résulte $x : a = \sqrt{d} : \sqrt{b}$; ce qu'il fallait démontrer.

10) Évidemment G représente le foyer de la lentille DP pour les rayons violets; comparez la p. 489 et la Fig. 25 de cette page, où G a la même signification. Par conséquent, puisque les aberrations sur l'axe des rayons de la même couleur sont comme les distances focales, on aura, $b : c =$ BF : GF; donc $b : (b+c) =$ BF : BG $=$ QF : GH.

[Fig. 3.] [Fig. 4.]



§ 2.

[Microſcope simple.] [1])

ed [Fig. 3] [2]) pergens in **db** rubrum. **ed** in **df** cæruleum.

ergo **bd** in **de** rubrum. ergo ruber ex **f** per **fd** in **dk** ut ang. **kde** ∞ **fdb** [3]). Sed **fd** in **de** cæruleum, ergo radius lucidus per **fd** ſpargitur angulo **edk** ∞ **fdb** [4]).

[PF] [Fig. 4] (b) ad [FB] (o) ut [**pf**] d ad **fb** $\left(\frac{od}{b}\right)$,

[**pf**] (d) ad [**dp**] (x) ut [**fb**] $\left(\frac{od}{b}\right)$ ad **fq** $\left(\frac{ox}{b}\right)$

[PF] (b) ad [DP] (a) ut [FB] (o) ad FQ $\left(\frac{ao}{b}\right)$

fq $\left(\frac{ox}{b}\right)$ ad [**pf**] d ut FQ $\left(\frac{ao}{b}\right)$ ad FP (b) [5])

$$ox \infty \frac{dao}{b}\,;\; x \infty \frac{da}{b}$$

tout cecy convient auſſi à l'aberration ancienne [6]).

---

[1]) Comparez avec ce qui suit les p. 531—533 du texte de la „Dioptrique."

[2]) **ed** est supposée parallèle à l'axe **ntpfb**.

[3]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

[4]) Afin que dans les cas des Fig. 3 et 4 l'aberration chromatique **mn** ou MN soit la même au fond de l'oeil, c'est-à-dire pour que la vision soit également distincte, il faudra donc que les angles **fdb** et FDB soient égaux. C'est là la base des calculs qui suivent.

[5]) C'est-à-dire, afin que les angles **qpf** et QPF soient égaux, lesquels, eux-mêmes, égalent par approximation les angles **bdf** et BDF.

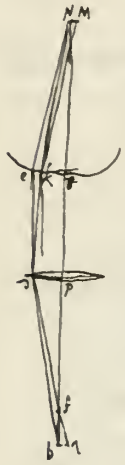
[6]) En effet, supposons que les lentilles **dp** et DP soient de figure semblable, que **f** et F soient leurs foyers et **b** et B les points où les rayons réfractés, provenant de **ed** et de ED, coupent l'axe. Alors les rayons partant de **f** qui suivent l'axe **bn** de très près se réuniront au point **n**; mais le rayon **fd**, qui passe par le point **d** du bord de la lentille, suivra la route **fdkm**. Or, si l'on néglige l'aberration sphérique de l'oeil, la distance **mn** ne dépendra que de l'angle **kde** = = **fdb**. La première proportion PF: FB = **pf**:**fb** est donc vraie parce que les aberrations sphériques de lentilles semblables sont proportionnelles à leurs distances focales; la seconde et la troisième sont évidentes; la quatrième exprime l'égalité des angles **qdf** et QDF, c'est-à-

ut æque diſtincta ſit viſio in microſcopijs ſimplicibus, debent aperturarum diametri eſſe ut foci diſtantiæ [7]).

Hinc autem lumina quibus viſibile niteſcit ut qu.a foci diſtantiarum. quia amplificatio in ratione contraria foci diſtantiarum.

Ergo acutioribus lentibus lux præſtanda alio convexo [8]) in rem viſam derivata.

[Fig. 5.]



ruber [9]) per **edb** [Fig. 5] cæruleus per **edf** ergo ruber in **bde** ergo cæruleus in **bdk** ut ang. **edk** ∞ **fdb**.

ſic optimè.

P.S. [10]) *Il ne faut pas conſidérer icy l'aberration de Newton, ſelon laquelle les ouvertures des lentilles pourroient eſtre extremement grandes* [11]), *ce qu'il faut ſupputer en conſidérant que l'angle d'aberration dans les Teleſcopes ſe ſouffre juſqu'a environ d'un degrè* [12]). *Mais dans ces lentilles l'aberration a cauſe de la figure ſpherique devient beaucoup plus conſiderable que l'autre de Newton, et oblige a etrecir les ouvertures.*

-dire des angles **kde** et KDE; d'où il s'ensuit que la vision sera, en effet, également distincte quand on aura $x = \frac{da}{b}$, ou $x : a = d : b$, c'est-à-dire, quand les largeurs des lentilles sont proportionnelles à leurs distances focales; mais consultez sur une démonstration bien plus simple, valable pour les deux aberrations, la note 3 de la p. 532.

D'ailleurs cette phrase en italiques a été ajoutée après coup à une époque inconnue, probablement en 1692.

7) Comparez la règle de la p. 531.

8) Voir la lentille dessinée au côté droit de la Fig. 4.

9) Dans ce qui va suivre il s'agit d'une légère simplification des considérations qu'on rencontre dans les deux premiers alinéa's de ce paragraphe. Or, cette simplification a été adoptée dans la rédaction définitive, p. 531—533 du Tome présent.

10) Ce postscriptum est sans doute postérieur aux autres parties de la pièce présente. Il date probablement de 1692.

11) Comparez le § 5 de l'Appendice IX, p. 634.

12) Lisez plutôt „d'un demi-degrè" et consultez le § 4 de l'Appendice IX, p. 633. En effet, nous n'avons rencontré nulle part dans les manuscrits de Huygens un calcul de l'angle d'aberration chromatique admissible, qui permettrait de le porter jusqu'à la valeur d'un degré.

§ 3.

In compoſito microſcopio inquiritur quantitas ſparſionis radiorum Newtoniana.

[Fig. 6.]

BDNRS [Fig. 6] ruber [1]); BDCMS cæſius. $\angle$NDC ∞ ∞ BDF [2])

angulus BDF pro æquali ac ſi B eſſet in foco etſi B correſpondens C [3]).

rad. NRS ruber; NMO ruber; CMV ruber, ut ſit $\angle$OMV ∞ NMC [4]).

rad. GMO cæſius [5]). NG ad NE ut FB ad BP [6]).

rad. CMS cæſius ex hypoth. $\angle$OMS ∞ GMC [4]).

$\angle$KCDN [7]) ſive FDB ad $\angle$NMKC, ut NE ad NP.

$$\angle \mathrm{NDK} \infty \angle \mathrm{FDB} \infty \delta.$$

b [NE] ad c[NP] ut δ(NDK) ad $\frac{c\delta}{b}$ ($\angle$NMC) nam NMK ∞ NEK; NDK ∞ NPK.

DB ſive PB (a) ad BQ (e) ut PN (c) ad NK $\left(\frac{ce}{a}\right)$ [8])

PD (n) ad PN ſive PC (c) ut NK$\left(\frac{ce}{a}\right)$ ad NC$\left(\frac{cce}{na}\right)$; pono PN pro PC quia CN eſt minima reſpectu NP.

$$\mathrm{PB}\ (a) \text{ ad } \mathrm{BF}\ (f) \text{ ut } \mathrm{EN}\ (b) \text{ ad } \mathrm{NG}\left(\frac{bf}{a}\right)$$

$$\mathrm{NC}\left(\frac{cce}{na}\right) \text{ ad } \mathrm{GC}\left(\frac{bf}{a}+\frac{cce}{na}\right) \text{ ut } \angle\mathrm{NMC}\left(\frac{\delta c}{b}\right) \text{ ad}$$

$$\angle\mathrm{CMG} \infty \mathrm{OMS}\left(\frac{\delta cnbf+\delta eccc}{bcce}\right)$$

$\angle$CMG ∞ OMS ∞ $\frac{\delta nf}{ce}+\frac{\delta c}{b}$; ſed $\frac{f}{e}\infty\frac{a}{n}$. Ergo $\frac{\delta a}{c}+$ $+\frac{\delta c}{b}\infty$ CMG ∞ OMS [9]).

---

[1]) Puisque SR est supposée parallèle à l'axe EP, N est le foyer de la lentille oculaire EM pour les rayons rouges.

[2]) Ainsi F est le point qui pour les rayons violets correspond au point N.

[3]) Plus tard, en 1692, Huygens formulera un lemme qui aura cette portée; voir l'avant-dernière ligne de la p. 665, § 21 de l'Appendice IX, ou la p. 551 du texte de la „Dioptrique".

[4]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

Semper cum b minor vel æqua c, erit ang. OMS major quam FDB ſeu δ.

Si $b \infty c$ eſt oculus ſuperior lente E per EP, et tunc augmentum non majus quam ſola lente P et oculo ad eam applicato [10]).

Quando ergo erit $\delta \infty \frac{a\delta}{c} + \frac{c\delta}{b}$? cum $bc \infty ba + cc$, cum $c \infty a + \frac{cc}{b}$ cum b pauxillo major quam c.

Une [11]) lentille ſimple d'un pouce de foci diſt. avec une ligne d'ouverture multiplie tant. Je veux une multiplication 4 fois plus grande en diam. Je prendray pour cela une lentille de $\frac{1}{4}$ de pouce de foyer, et $\frac{1}{4}$ de ligne d'ouverture.

---

5) G est donc le foyer de l'oculaire pour les rayons violets.

6) Pour arriver à cette proportion on doit supposer que le rapport entre l'aberration chromatique longitudinale et la distance à la lentille DP est le même pour le point B, correspondant au point N, que pour le foyer de cette lentille; dans ce cas la proportion est une conséquence immédiate des considérations qu'on trouve à la p. 485, premier alinéa; mais en vérité cette supposition est en contradiction avec le lemme cité dans la note 3. D'après ce lemme on aurait, en représentant (comme dans la Fig. 42, p. 560) par H le foyer de la lentille DP et par HO l'aberration au foyer, $BF : HO = BP^2 : HP^2$ (voir le commencement de la note 4, p. 561, où l'on peut substituer à cause du lemme: $\angle FDB = \angle HDO$); mais puisque $HO : HP = NG : NE$, on en déduit, $NG : NE = BF \times HP : BP^2$. Ce n'est donc que dans le cas où la distance PN est suffisamment grande pour pouvoir considérer comme égales HP et BP que la proportion du texte pourrait être admise.

7) Le point K est obtenu en tirant NK perpendiculairement à l'axe EPB.

8) À cause de l'égalité des angles BDF et NDC; les angles DBQ et DNK pouvant être considérés comme droits.

9) Plus tard, en 1692, (voir les p. 535—585 qui précèdent, ou l'Appendice IX, p. 629—673) Huygens reprendra l'étude de cet angle SMO = CMG, qu'il appellera alors l'angle d'aberration du microscope et sur la considération duquel, dans les cas des deux aberrations, chromatique et sphérique, il fondera sa théorie entière du microscope; mais pour le moment il semble que Huygens n'a pas eu d'autre but que de comparer l'aberration chromatique du microscope composé avec celle du microscope simple formé par la seule lentille DP. En effet, puisque les rayons rouges partant du point B finiront par prendre la direction RS parallèle à MO, tandis que les rayons violets, provenant du même point, prendront à la sortie de l'oculaire la direction MS, il est évident que l'aberration du microscope composé sera mesurée par l'angle SMO et, de même, celle du microscope simple par l'angle NDC = FDB, qui, d'après la note 3, sera censé ne pas changer quand l'objet est déplacé vers le foyer de la lentille DP comme cela devra avoir lieu quand cette lentille servira comme microscope simple. Par conséquent, le rapport cherché se trouve être de $\frac{a}{c} + \frac{c}{b}$ à 1.

10) Comparez la p. 529.

11) Peut-être l'annotation qui va suivre a-t-elle été ajoutée à une époque postérieure. Toutefois elle ne contient aucune considération qui, en 1684, était nécessairement étrangère à Huygens.

Elle multipliera comme il faloit [1]), et fera voir autant diſtinctement que l'autre, mais 16 fois plus obſcurement, ce qui ne ſe peut remedier qu'en augmentant la lumiere ſur l'objet. de ſorte qu'on ne peut pas effectuer autant de multiplication qu'on veut, ſi non en renforcant la lumiere. Si on veut faire la meſme multiplication en adjoutant a la premiere lentille un convexe oculaire, on verra auſſi 16 fois plus obſcurement, et de plus moins diſtinctement, parce que c ſera ∞ $4b$ [2]), et partant $\angle$ CMG [Fig. 6] ſera plus que 4δ ou 4 fois l'angle NDK, avec NMG. pour cela il faut faire l'ouverture de DP moindre que quand cette lentille eſt ſeule. toutefois cette compoſition de 2 lentilles eſt meilleure que de prendre une ſeule de $\frac{1}{4}$ de pouce pour la commoditè de voir et d'eſclairer à coſtè et un grand champ diſtinct. et les tres petites lentilles malaiſement ſont ſi bien formées que les moins petites.

[1]) Comparez la p. 515.

[2]) C'est-à-dire pour avoir le même grossissement qu avec la nouvelle lentille simple; voir la p. 529.

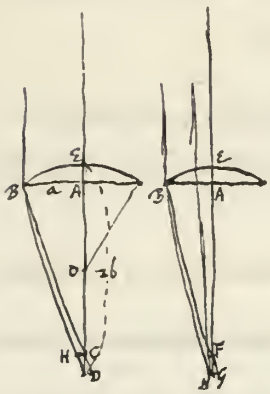
APPENDICE IX

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1692.]

[Recherches de 1692 ſur les deux aberrations dans les lunettes et dans les microſcopes.] [1])

[Fig. 1.] [Fig. 2.]



§ 1 [2]).

Sicut in aberratione Newtoniana tenuis lux eſt aberrantium radiorum ad præcipuam comparata [3]) ita et in aberratione quæ propter figuram contingit.

§ 2 [4]).

$$AE\,[\text{Fig. 1 et 2}] \infty \frac{aa}{2b};\ FN\,[\text{Fig. 2}] \infty \frac{7}{6}AE\ ^{5)} \infty \frac{7}{12}\frac{aa}{b}$$

---

[1]) Tous les paragraphes que nous réunissons sous cette suscription ont été empruntés au Manuscrit H et d'après le lieu qu'ils y occupent ils doivent tous être datés de l'année 1692, lorsque les recherches sur les deux aberrations, commencées en 1684 (voir l'Appendice VIII, p. 621—628) furent reprises avec plus d'assiduité.

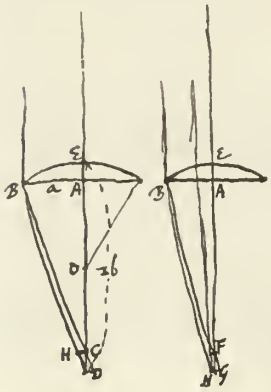
[2]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 56 du Manuscrit H.

[3]) Comparez le deuxième alinéa de la p. 487, où Huygens explique pourquoi l'aberration chromatique est moins nuisible dans les télescopes qu'on ne s'y attendrait en calculant sa valeur théorique. Maintenant il remarque que tout de même dans le cas de l'aberration sphérique la lumière sera bien plus concentrée près du centre du cercle d'aberration (voir la note 3 de la p. 315), que vers ses bords.

[4]) Dans ce paragraphe emprunté, comme le précédent, à la p. 56 du Manuscrit H, Huygens calcule, dans deux suppositions différentes sur la grandeur de l'aberration chromatique longitudinale (qu'elle soit égale à $\frac{1}{50}$ ou à $\frac{1}{200}$ de la distance focale), le rapport qui doit exister entre le demi-diamètre de l'ouverture et la distance focale d'une lentille planconvexe afin que les deux aberrations deviennent égales. Remarquons que, puisque le rayon HC du cercle d'aberration chromatique est proportionnel au diamètre de l'ouverture et celui, NG, de l'aberration sphérique à sa troisième puissance, il est évident que dans toute lentille où le rapport mentionné est supérieur au rapport cherché cette dernière aberration surpassera l'aberration chromatique.

[5]) Voir la p. 287.

[Fig. 1.] [Fig. 2.]



NA ($2b$) ad AB (a) ut FN $\left(\frac{7}{12}\frac{aa}{b}\right)$ ad NG $\frac{7}{24}\frac{aaa}{bb}$

$\frac{7}{24}\frac{a^3}{bb} \infty \frac{1}{50}a$ [1]) ſecundum Newt. ∞ CH [Fig. 1]

$350\,a^3 \infty 24\,abb$

$a \infty \frac{5}{19}b$ circit.; $a \infty \frac{1}{4}b$ circ.

$\frac{7}{24}\frac{a^3}{bb} \infty \frac{1}{200}a^2$ [2]); $175\,aa \infty 3\,bb$;

$aa \infty \frac{3}{175}bb$; $aa \infty \frac{1}{58}bb$;

$a \infty \frac{2}{15}b$ circiter; vel $a \infty \frac{1}{7}b$ circiter.

Secundum tabulam noſtram aperturarum correctam [3]) lenti 3 pollicum conveniret apertura $\frac{27}{100}$ poll. circiter. Et cavum [4]) $\frac{3}{10}$ poll. puncti diſperſus diſt. Et ampliatio ut 10 ad 1.

Pono aliud cavum $\frac{7}{10}$ poll. quo fiet ut ampliet in ratione $4\frac{2}{7}$ ad 1, claritatis gratia. deberet jam apertura tolerari $\frac{77}{100}$ poll. nihil diminuta diſtinctione [5]) ſed experientia dat tantum $\frac{3}{10}$ poll. Cur hoc? Quia ſi fiat apertura $\frac{77}{100}$ poll. jam aber-

[1]) D'après la supposition sur la grandeur de l'aberration chromatique employée ordinairement par Huygens; consultez la note 8 de la p. 485.

[2]) Consultez, plus loin, sur l'origine de cette supposition, la p. 777 du Complément I.

[3]) Il s'agit d'un tableau analogue à celui de la p. 497, mais calculé, quant à la distance focale de l'oculaire, d'après les indications de la règle de la p. 495 (comparez la note 2 de la p. 496). D'après cette règle un objectif de 3 pouces, c'est-à-dire, de $\frac{1}{4}$ pied, admettrait, en effet, une ouverture d'un peu plus de 0,27 pouces de diamètre et un oculaire d'environ 0,30 pouces de distance focale.

[4]) Le tableau en question était considéré par Huygens comme valable également pour les oculaires concaves et pour les oculaires convexes; comparez l'alinéa qui commence au bas de la p. 493.

[5]) Afin que la vision reste également distincte il faut, si l'on néglige l'aberration due à l'oculaire, que l'angle BDF de la Fig. 25 de la p. 490 conserve la même valeur. Or, cet angle est proportionnel à QF, c'est-à-dire suivant les règles de l'aberration chromatique à l'ouverture de l'objectif, et inversement proportionnel à la distance focale de l'oculaire. On pourrait donc, d'après ce raisonnement, en augmentant cette distance dans le rapport de 3 à 7, augmenter

ratio altera, quæ eſt ex figura ſphærica, major eſt quam Newtoniana, unde plus quam dupla jam fit aberratio tota. Nam ſi AB ſit ad AO rad. ut 1 ad 7 jam æquales ſunt aberrationes duæ [6]). hic vero ut 1 ad 5 [7]). ergo major aberr. ex fig. Vide hæc accuratius tractata p. 68 [8]).

In microſcopio compoſito ex duabus lentibus, lenticulæ infimæ apertura fiet $\frac{1}{12}$ poll. cum focus ſit pollicis diſtantia. Ampliatio eſt quadruplo major quam ſola lenticula ad oculum applicata, ſed et aberratio Newtoni quadruplo quoque major [9]), quæ tamen toleratur. Ergo ſola lenticula aperturam deberet ferre quadruplo latiorem, quam nunc fert cum altera lente compoſita quia aberrationes iſtæ ſunt ut diametri aperturarum. Sed et fert quadruplo majorem, etſi et hic videri poſſet aberratio altera, ex figura oriunda, plurimum nocere. Sed non nocet quantum ad diſtinctionem quia oculi pupilla definit hic aperturam [10]); quæ, cum propinqua inſpicimus, vix lineæ menſuram ſuperat.

§ 3 [11]).

lentem rationis ſextuplæ [12]) adhibere in teleſcopiorum ocularibus. Item in microſcopiorum tam ocularibus quam exteriori lenticula. quia aberratio ex figura hic quoque nocere poſſe invenitur.

---

dans le même rapport l'ouverture de 0,27 pouces, c'est-à-dire la porter à 0,63 pouces; ce qui ne s'accorde pas entièrement avec les 0,77 pouces du texte.

[6]) On remarquera que Huygens adopte ici le deuxième calcul qui précède, où l'aberration chromatique longitudinale est supposée égale à $\frac{1}{200}$ de la distance focale, tandis que partout ailleurs il emploiera la valeur de $\frac{1}{50}$ de cette distance.

[7]) Puisque CA, distance focale de l'objectif, égale 3 pouces, on aura OA = 1,5 pouces (Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81); donc le rapport en question deviendra celui de $\frac{77}{200}$ à 1,5, c'est-à-dire, de 1 à moins de 4; mais en prenant 0,63 pouce pour le diamètre de l'ouverture on obtient, en effet, à peu près celui de 1 à 5.

[8]) Voir le § 8, p. 638.

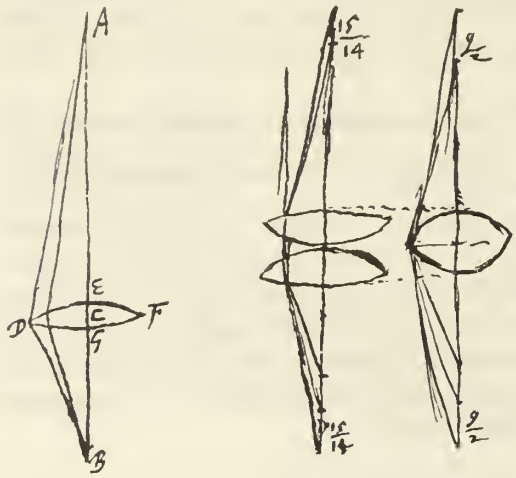
[9]) Comparez le § 3 de l'Appendice VIII, p. 626—627. D'après ce paragraphe l'angle d'aberration du microscope composé est à celui du microscope simple comme $\frac{a}{c}+\frac{c}{b}$ à 1. Or, en négligeant la plus petite de ces fractions, on trouve pour ce rapport celui de $\frac{c}{b}$ à 1, lequel rapport représente celui des grossissements du microscope composé et du microscope simple pourvu que la différence entre la distance a de l'objet à la lentille inférieure et la distance focale de cette lentille soit négligeable; voir la p. 529.

[10]) Comparez la p. 531.

[11]) On trouve ce qui suit à la p. 61 du Manuscrit H.

[12]) Voir les p. 291—293.

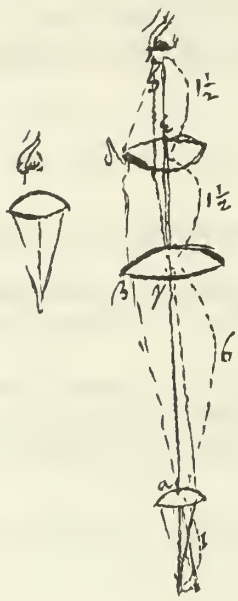
[Fig. 3.] [Fig. 4.] [Fig. 5.]



dato inter puncta A, B [Fig. 3], loco lentis conv. C, invenire quæ proportio ſemidiametrorum ad convexa DGF, DEF, ut radij ex A colligantur ad B cum minima aberratione quæ ex figura [1]).

Sed non dubito quin duabus perfectis lentibus jungendis minor haberi poſſit aberratio quam una cujuſcunque formæ ſphæricæ [2]).

[Fig. 6.] [Fig. 7.]



ang. $\delta\zeta\varepsilon$ quadruplus $\beta\alpha\gamma$. Ergo amplificatio quadrupla ejus quæ ex ſola lenticula a [3]).

---

[1]) Pour résoudre le problème indiqué ici il s'agirait en premier lieu de calculer l'aberration sphérique d'une lentille quelconque, pour des rayons partant d'un point qu'on donne arbitrairement sur l'axe. Or, ce calcul dont nous avons indiqué le résultat dans la note 2 de la p. 396, ne semble jamais avoir été mené à bonne fin par Huygens. Voir la note 3, p. 395 et la note 3, p. 424.

[2]) Cette idée est illustrée par les figures 4 et 5, où il est indiqué que, dans un cas particulier traité au § 6 de l'App. VII à la Deuxième Partie (p. 424—426), l'aberration, sphérique de la fig. 5 qui est égale à $4\frac{1}{2}$ fois l'épaisseur de la lentille en question peut être réduite à $\frac{15}{14}$ fois cette épaisseur si l'on remplace la lentille unique par les deux lentilles de proportion sextuple de la fig. 4 dont l'épaisseur totale est égale à celle de la lentille unique. Ajoutons que dans une lettre de Huygens du 11 mai 1668 il mentionne l'emploi de „deux oculaires, joints l'un contre l'autre" (voir la p. 213 du T. VI).

[3]) La Fig. 7 semble représenter une combinaison de lentilles, toutes de la proportion sextuple, constituant un microscope composé.

§ 4 [4]).

Quæritur quantus ſit angulus aberrationis quæ ex figura oritur, in teleſcop. 30 ped.

[Fig. 6.]

CB ∞ 30 pd. CAV lens planoconvexa.

CB poll. 360 ad CA $\left(1\frac{1}{2}\right)$ ut CA $\left(1\frac{1}{2}\right)$ ad CV $\left(\frac{9}{1440}\right)$ [5])

$\frac{7}{6}$ [6])

BF $\frac{63}{8640} \infty \frac{1}{137}$

BC ∞ FC (360) ad CA $\left(1\frac{1}{2}\right)$ ut BF $\left(\frac{1}{137}\right)$ ad FR $\left(\frac{3}{98640}\right)$

DF (3) ad FR $\left(\frac{3}{98640}\right)$ ut radius tab. 100000 ad 1 tangens 2′

∠FDB ſeu DKL [7])

Tantulus ergo hic eſſet angulus aberrationis quæ ex figura. At aberrationis Newtonianæ eſſet $31\frac{1}{3}'$ circiter, ut hic deinceps computatur, nempe in nocturnis teleſcopijs. In diurnis dimidia ob duplicatam ocularis foci diſt. [8]) nempe $15\frac{2}{3}'$.

RF ∞ $\frac{1}{50}$ CA [9]); CA = $1\frac{1}{2}$ poll.; RF ∞ $\frac{3}{100}$ poll.

DF(3) ad FR $\left(\frac{3}{100}\right)$ ut 100000 ad 1000 tangens 0°.35′ ∠DKL.

vel ſi DF $\left(3\frac{3}{10}\right)$ ad FR $\left(\frac{3}{100}\right)$ ut 100000 ad 909 tang. 0.31′20″ ∠BDF

angulus aberrationis Newtoni fit $31\frac{1}{3}'$.

[4]) Ce § 4 et le suivant ont été empruntés à la p. 65 du Manuscrit H.

[5]) CB est égal au double du rayon de courbure de la surface sphérique de la lentille CA (voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81); on a donc pour l'épaisseur VC la formule approximative VC = CA² : BC.

[6]) Voir la p. 287.

[7]) Voir la Prop. VI, p. 475.

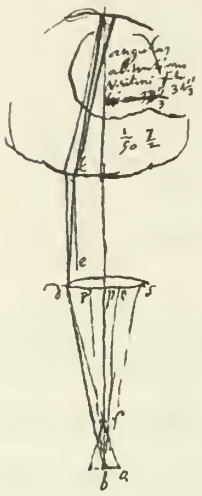
[8]) Comparez la p. 505.

[9]) Voir la p. 485. Comparez d'ailleurs cette partie du paragraphe présent avec la p. 557 du texte de la „Dioptrique".

§ 5 [1]).

[Calcul de l'ouverture qui ſerait admiſſible dans un microſcope en ne tenant compte que de l'aberration Newtonienne.]

[Fig. 7.]



∠ **bdq** ∞ 33′ tantum fert aberr.is angulum aberratio Newt. ſupputatum ex teleſcopij 30 pedum conſtitutione et apertura [2]). (Nota recte accipi ang.m **bdq** ſeu **kde** pro ang.o aberrationis [3]).

bq ∞ $\frac{1}{50}$ **dp** [4]); ∠ **dbp** ∞ 50 ∠ **bdq** ∞ $27\frac{1}{2}°$; ∠ **dbs** ∞ ∞ 55°. in hoc unius lentis microſcopio definiret aperturam microſcopicam lentis ſi tantum Newtonianam aberrationem attenderemus [5]).

[**pb**] 20 ad [**pt**] 1 ut 100000 ad 5000 2°52′ [∠ **pbt**] ∠ **rbt** 5°44′ tantulam aperturam fert lenticula microſcopij noſtri compoſiti. cujus cauſa itaque non eſt Newtoni aberratio ſed ea quæ ex figura.

Simplex lenticula majorem videtur ferre aperturam. ſed ſciendum eſt eam arctari ad pupillæ latitudinem, quam fruſtra excedit [6]).

§ 6 [7]).

Quæritur hic angulus aberrationis quæ ex figura, in microſcopio meo [8]).

Microſcopium compoſitum ex lenticula DP [Fig. 9] et lente EM. qui ex B axi proximi feruntur conveniunt in N. N eſt focus lentis EM. BF ponitur aberratio eadem quæ axi paralleli in D incidentis [9]). Ergo ſi ND it per DF etiam FD ibit per DN. Ergo ibit BD per DC, ut fiat ∠NDC ∞ ∞ BDQ. NK ∞ 7BQ [10]). Sed NM ∞ 2DB. Ergo ∠NMK ∞ $3\frac{1}{2}$BDQ. cum

---

[1]) Voir la note 4 de la p. 633.

[2]) La valeur de 33′ est intermédiaire entre les deux valeurs 35′ et $31\frac{1}{3}$′ qui ont été trouvées admissibles par l'expérience obtenue avec la lunette de 30 pieds; voir la p. 633 qui précède.

[3]) Comparez la p. 531.

[4]) Voir la p. 485.

[5]) Comparez le P. S. du § 2 de l'Appendice VIII, p. 625.

[6]) Comparez la p. 531.

[7]) Ce paragraphe et celui qui suit ont été empruntés à la p. 67 du Manuscrit H.

[8]) Il s'agit bien du même microscope qu'on trouve décrit à la p. 549. Seulement la distance

[Fig. 8.] [Fig. 9.]

NM ſit ∞ 2PB. Ergo ∠SMO [11]) ∞ $3\frac{1}{2}$BDQ. minimam aberrationem GN quæ eſſet quanta radij OM, axi paralleli, negligo [12]).

PB [Fig. 9] (poll. 1) [13]) ad Pθ ∞ PD [Fig. 8] $\left(\frac{1}{20}\right)$ ut

Pθ$\left(\frac{1}{20}\right)$ ad PZ$\left(\frac{1}{400}\right)$

$\frac{7}{6}$ craſſitudinis [14])

FB$\left(\frac{7}{2400}\right)$ aberratio

FP (1) ad Pθ ∞ PD$\left(\frac{1}{20}\right)\frac{1}{2}$ apertura mei microſc. ut

FB $\left(\frac{4}{2400}\right)$ ad BQ$\frac{7}{48000}$

Bθ (1) ad BQ$\frac{7}{48000}$ ut 10000 ad 14 tangens

$3\frac{1}{2}$ } m[ult.]

49 tangens NMK

focale de la lentille inférieure, qui dans la description mentionnée est supposée égale à $\frac{7}{9}$ pouce, est ici égale à 1 pouce.

Ajoutons que la même question est traitée au § 13 qui suit (p. 652) et à la Prop. XVII, p. 561.

9) On croirait que c'est l'aberration longitudinale qui est supposée égale à celle qui appartient aux rayons parallèles à l'axe, et c'est là, en effet, la supposition dont Huygens se servira au § 13, p. 652; mais ici, comme on le verra, les calculs qui suivent sont exécutés comme si l'égalité en question se rapportait aux angles BDF et BθF des Figures 8 et 9 où B représente dans l'une le lieu où se trouve l'objet, et dans l'autre le foyer; ce qui serait conforme à la supposition du Lemme 3, p. 561.

10) À cause de l'égalité des angles BDQ et NDK et puisque NP = 7BP; voir la p. 549.

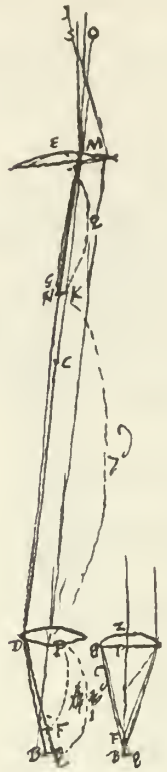
11) SMO = NMK est l'angle d'aberration cherché; comparez la note 3 de la p. 538.

12) Comparez la note 4 de la p. 554.

13) Évidemment PB représente dans la Fig. 8 la distance de l'objet à la lentille inférieure; mais dans la Fig. 9 elle est identifiée avec la distance focale de cette lentille, c'est-à-dire, d'après la Prop. XIV, Part. I, Lib. I, p. 81, avec le diamètre de sa surface sphérique.

14) Voir la p. 287.

[Fig. 8.] [Fig. 9.]



29 eſt tang. 1′ in tabulis ad radium 100000. Si eſſet 29, eſſet ang. NMK ſeu OMS minuti 1′. nunc ergo 1′.40″ [1]).

Quære quanta ſit hæc aberratio in teleſcopio 30 ped. vide p. 65 [2]) initio, ubi angulus hujus aberrationis invenitur 2″ tantum.

$P\theta \infty \frac{1}{20}$ poll. [3]); $BQ \infty \frac{1}{50} P\theta$ [4]) $\infty \frac{1}{1000}$ poll.

$B\theta$ (1) ad $BQ \left(\frac{1}{1000}\right)$ ut 100000 ad 100 tang. ang. i BDQ, qui ad NMK, ſeu OMS, ut 1 ad $3\frac{1}{2}$. $100 \times 3\frac{1}{2} \infty 350$ tang. ∞ 12′ ∠ NMK vel OMS ex aberratione Newton. Sed hæc aberratio ferre poteſt angulum $31'\left(15\frac{1}{2}\right)$ ut oſtenſum pag. 65 [5]). Ergo hæc non prohibet majorem fieri aperturam PD. Ergo altera aberratio ex figura id prohibet, etſi tantummodo habeat angulum 1′ 40″ [6]).

12 ad $31\left(15\frac{1}{2}\right)$ ut $\frac{1}{20}$ [7]) ad $\frac{31}{240}, \frac{1}{8}$ poll. fere.

Newtoni aberratio feret aperturam $\frac{1}{4}$ poll. fere.

---

[1]) Le § 13, p. 652, donne 4′ 10″, la Prop. XVII, p. 563, 5′ 8″. Cette grande différence est causée surtout par ce qu'ici la distance focale est supposée égale à 1 pouce et au § 13, comme dans la Prop. XVII, égale à $\frac{7}{10}$ pouce. Or, l'angle d'aberration est, d'après la note 5, p. 562, inversement proportionnel à la troisième puissance de cette distance.

[2]) Voir le § 4, p. 633.

[3]) Calcul de l'aberration chromatique du même microscope.

[4]) Voir la p. 485.

[5]) Voir le § 4, p. 633. Le nombre $15'\frac{1}{2}$ se rapporte aux observations diurnes.

[6]) Une remarque de la même portée reviendra au § 8, p. 639 et au § 13, p. 652.

[7]) $\frac{1}{20}$ pouce représente le rayon de l'ouverture de la lentille inférieure, qui, puisque l'angle d'aberration, d'après le calcul qui précède, est proportionnel à ce rayon, pourrait être porté jusqu'à $\frac{1}{8}$ pouce, c'est-à-dire que le diamètre de cette ouverture pourrait être pris égal à $\frac{1}{4}$ pouce.

Poſſet dici, ſi aberratio ex figura hic ſola conſideranda eſt, doceatque experientia inverſa etiam lente PθZ fere hanc ferri poſſe aperturæ diam. ∞ $\frac{1}{10}$ poll. cur non duplo major [8]) poteſt ferri plana ad viſibile converſa ſuperficie. Reſp. lucem tunc majorem effecturam ut aberrationis nebula magis ſentiatur [9]).

[Fig. 10.]

§ 7 [10]).

Microſcopium inverſum examinatur hac figura ad ſiniſtram [Fig. 10], quare pejus ſit non inverſo. Nempe propter majorem aberrationem [11]).

NK ∞ 4BQ [12]). ſed NM ∞ $\frac{1}{2}$BD [13]). Ergo ∠ NMK ∞ 8 ∠ BDQ ſive 8 ∠ NDK. Ergo ∠ OMS ∞ 8 ∠ BDQ. Sed ang. BDQ hic æqualis eſt ∠ °BDQ in recto microſopio quod ſuperius cernitur [Fig. 8] quia PD hic dupla PD ſuperius [14]), et FB ſimiliter dupla FB ſuperioris [15]).

---

[8]) Parce que, d'après les pp. 285 et 287, les aberrations d'une telle lentille dans les deux positions sont dans le rapport de $\frac{9}{2}$ à $\frac{7}{6}$, c'est-à-dire, de 27 à 7, ce qui justifierait même une plus grande augmentation de l'ouverture, puisque l'angle d'aberration sphérique est proportionnel à ce rapport. Comparez sur l'effet de cette inversion de la lentille inférieure l'alinéa qui commence au bas de la p 563.

[9]) Comparez la p. 503.

[10]) Voir la note 7 de la p. 634.

[11]) La même question, à laquelle Huygens fait allusion à la p. 527 (voir la note 7 de cette page 527), sera traitée plus à fond au § 17 de l'Appendice présent, p. 656.

[12]) Pour la méthode de calcul de l'angle d'aberration NMK nous renvoyons au premier alinéa du § 6, p. 634.

[13]) Puisque les deux lentilles ont des distances focales qui sont dans le rapport de 2 à 1 et que Huygens identifie la distance de l'objet à la lentille inférieure avec la distance focale de cette lentille, ce qui n'est vrai qu'approximativement et si l'on suppose que la distance PN est suffisamment grande par rapport à ces distances focales.

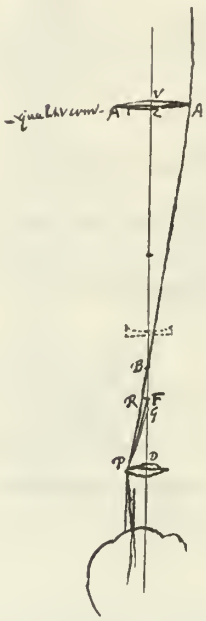
[14]) C'est-à-dire, pour obtenir la même clarté dans les deux cas; ce qui exige la similitude des triangles PBD des deux figures. En supposant de plus la similitude des deux lentilles, on peut, en effet, conclure à l'égalité des angles BDQ, supposés égaux aux angles correspondants qu'on obtient avec des rayons parallèles à l'axe.

[15]) En comparant le résultat obtenu ici, NMK = 8BDQ, avec celui : OMS = NMK = $3\frac{1}{2}$BDQ, auquel on est arrivé au paragraphe qui précède, on voit qu'en effet l'aberration est bien plus grande dans le microscope inverti de la fig. 10, que dans celui de la Fig. 8. Et la grandeur de cette différence justifie les approximations assez grossières employées ici par Huygens.

§ 8 [1]).

Quæro quantus hic ſit angulus aberrationis quæ ex figura, in teleſcopio hoc [Fig. 11] ſecundum Tabulam ordinato cujuſque ampliatio ut 10 ad 1.

[Fig. 11.]



CF 3 pol.; FD $\frac{3}{10}$ poll.; AC $\frac{27}{200}$ poll. ex Reg. apertur.um [2])

Pono ocularem convexam eſſe, quia eadem fit aberratio atque in cava qua utor, quamque hic examino.

P.S. Imo non fit eadem aberr.o in cava ſed in ea minuitur lentis exterioris aberratio. Vide ergo verum calculum pag. 70 [3]).

$$FC\,(3) \text{ ad } CA\left(\frac{27}{200}\right) \text{ ut } CA\left(\frac{27}{200}\right) \text{ ad } CV\left(\frac{243}{40000}\right)$$

nam eadem eſt craſſitudo utrimque convexæ et planoconvexæ [4]).

$$\frac{5}{3}CV\ ^{5)} \infty\ BF\ \frac{1215}{120000} \text{ aberratio, ſive } \frac{1}{100}.$$

$$FC \infty BC\,(3) \text{ ad } CA\left(\frac{27}{200}\right) \text{ ut } BF\left(\frac{1}{100}\right) \text{ ad } FR\left(\frac{9}{20000}\right)$$

$$FP \infty FD\left(\frac{3}{10}\right) \text{ ad } FR\left(\frac{9}{20000}\right) \text{ ut rad. tab. } 10000 \text{ ad } 150,$$

$$\text{tg } 5' \infty \angle FPR \text{ aberrationis } ^{6)}.$$

---

[1]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 68 du Manuscrit H.

[2]) Voir la p. 495.

[3]) Voir le § 10, p. 642.

[4]) Le calcul suppose que F, la distance focale, soit égale au diamètre de la surface sphérique supérieure de la lentille, ce qui est ainsi quand la lentille est planconvexe; voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81.

[5]) Voir la p. 291; la lentille AVAC était donc dans le télescope en considération une lentille biconvexe symétrique.

[6]) C'est-à-dire, en négligeant l'aberration sphérique de l'oculaire. En effet, en appliquant au télescope la notion de Huygens de l'angle d'aberration, que nous avons exposée dans la note 1 de la p. 540, on voit facilement que cet angle est représenté par l'angle BPG en entier; toutefois la partie FPG pourra être négligée en général par rapport à la partie BPF pour la raison donnée par Huygens aux p. 341—343.

quia hic angulus aberrationis eſſet 5′, ac tantum ferri poteſt angulus $1\frac{2'}{3}$ ut in fin. pag. præc. [7]). idcirco non recte ſe haberet hoc teleſcopium, propter nimium ſcilicet aberrationis angulum, ex figura ortæ. quod monendum in expoſitione tabulæ aperturarum [8]).

In hoc teleſcopio ut in omnibus noſtræ Tabulæ ſit ang. aberrationis [Newtoni] 31′ ut oſtenſum pag. 65 [9]).

Jam ſit FD $\infty \frac{7}{10}$ poll. cæteris poſitis ut primo. Talem enim ocularem adhibeo claritatis gratia. unde ratio ampliationis quæ $\frac{2}{7}$ ad 1.

FP ∞ FD $\left(\frac{7}{10}\right)$ ad FR $\left(\frac{9}{20000}\right)$ ut 100000 rad. Tab at 64 tangens $2\frac{1}{5}$ ang. aberrationis FPR.

Talis aberrationis angulus ferri poteſt., taliſque fit adhibita oculari $\frac{7}{10}$ poll. qua uti soleo in exiguo hujuſmodi telescopio. Non licet itaque augere aperturam exterioris lentis ne fiat nimius hujus aberrationis angulus, etsi multum augeri poſſet quantum ad aberrationem Newtoni, poſita nimirum oculari $\frac{7}{10}$ poll. Poſſet enim eſſe $\frac{7}{11}$ lin. [10]) apertura AA [11]), cum nunc ſit $\frac{27}{100}$, quæ ſunt ut 7 at 3.

Pagina præc. i [12]) aberratio ex figura ferebat tantum angulum 1′40″. Hic fert 2′ [13]). Concludamus ergo non majorem ferre quam 2′. cum ex New-

---

[7]) Voir le § 6, qui précède, en haut de la p. 636; mais consultez aussi la note 6, p. 643.

[8]) On n'en trouve rien dans le texte de la „Dioptrique", ni à propos du tableau de la p. 497, ni ailleurs.

[9]) Voir le dernier alinéa du § 4, p. 633. En effet, l'angle d'aberration chromatique doit être le même dans toutes les lunettes construites d'après les données de ce tableau, puisqu'il a été calculé en partant de cette supposition; voir les p. 487—495.

[10]) Lisez „poll."

[11]) C'est-à-dire, selon la règle de la p. 495, d'après laquelle le diamètre de l'ouverture est à la distance focale comme 10 est à 11.

[12]) Voir le premier alinéa de la p. 636.

[13]) Comparez le post-scriptum qui suit.

toniana aberratione ferri poſſet ang.s 33′ [1]). nempe ſexdecupla major.

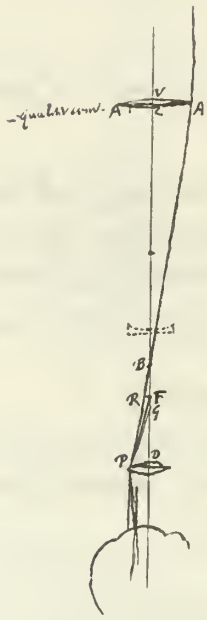
Proderit hic lentem exteriorem AA proportionis ſextuplæ facere [2]), quippe quam paulo majorem feret aperturam.

P.S. Sic foret in convexa oculari, ſed poſita cava fert 1′40″, *quem admodum pag. præc.i ex microſcopio ſupputaveram. Vide ergo verum calculum hujus teleſcopij ex convexa et cava, p.* 70 [3]). *Ergo concludendum aberrationem ex figura non majorem angulum aberrationis ferre quam* 1′40″.

§ 9 [4]).

Quæritur ang. aberrationis ex figura in pedali teleſcopio nocturno qui fit 57″. ergo in diurno 29″ tantum [5]).

[Fig. 11.]



Sit FC [Fig. 11] ∞ 1 ped. ſeu 12 poll. fit CA ∞ $\frac{55}{200}$ poll. [6]).

Ergo $\frac{6}{10}$ p. ∞ FD [7]). FC(12) ad CA$\left(\frac{55}{200}\right)$ ut CA $\left(\frac{55}{200}\right)$ ad VC $\left(\frac{1}{160}\text{ poll.}\right)$ craſſitud. quia eadem hæc eſt ac planoconvexæ eandem foci diſtantiam habentis [8]), hoc eſt cujus convexæ ſuperficiei radius eſſet $\frac{1}{2}$CF, et diameter totus CF [9]).

$$\frac{5}{3} \times \frac{1}{160}\text{ poll.} \infty \frac{1}{96}\text{ poll. FB [10])}$$

FC (12) ad CA$\left(\frac{55}{200}\right)$ ut FB $\left(\frac{1}{96}\right)$ ad RF $\left(\frac{55}{230400}\right)$ ∞

$$\infty \frac{1}{4189}\text{ poll.}$$

FD ∞ FP $\left(\frac{6}{10}\right)$ ad RF $\left(\frac{1}{4189}\right)$ ut 100000 ad 39. tang 1′21″

∠FPR.

---

[1]) Voir le § 5, p. 634.
[2]) Voir la p. 291, au bas.
[3]) Voir le § 10, p. 642, qui suit.
[4]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 69 du Manuscrit II.
[5]) Voir la p. 505.
[6]) D'après le tableau de la p. 497.
[7]) D'après la règle de la p. 495.
[8]) Voir la Prop. III, Part. II, p. 277.

hic igitur nihil nocebit aberratio ex figura, quoniam ferre poteſt ang. 2′ [11]).

$$\frac{5}{3} \text{ ad } \frac{7}{6} \text{ [12])} \text{ ut } 1'21'' \text{ ad } 57''$$

Si eſſet lens A planoconvexa, eſſet ang. FPR tantum 57″.

$$\text{Sit FC} \propto 8 \text{ poll. fit CA } \frac{45}{200} \text{ [12]). fit FD } \frac{1}{2} \text{ poll. [13]).}$$

$$\text{FC (8) ad CA } \frac{45}{200} \text{ ut CA } \left(\frac{45}{200}\right) \text{ ad CV } \left(\frac{2025}{320000}\right) \text{ craſſitudo} \propto \frac{1}{158} \text{ poll.}$$

$$\text{BF} \propto \frac{5}{3} \times \frac{1}{158} \propto \frac{5}{474}.$$

$$\text{FC (8) ad CA } \left(\frac{45}{200}\right) \text{ ut BF } \left(\frac{5}{474}\right) \text{ ad FR } \left(\frac{245}{759400}\right) \propto \frac{1}{3095} \text{ FR.}$$

$$\text{FD} \propto \text{FP } \left(\frac{1}{2}\right) \text{ ad FR } \left(\frac{1}{3095}\right) \text{ ut } 100000 \text{ at } 64\frac{2}{3} \text{ tang. } 2'5'' \angle \text{FPR.}$$

Ergo in hoc teleſcopio 8 poll. incipit nocere aberratio ex figura, et deinceps in minoribus magis etiam. ut non poſſint ſcilicet perferre aut aperturam aut ocularia, quæ in Tabula sed duplicato ocularis foco, poterunt aperturam, quæ in tabula eſt ferre, uſque dum lens exterior habeat circiter 4 poll. foci diſt.æ ut colligo ex ſupputatis pag. præc. [14]).

P.S. fuiſſet angulus aberrationis 1′.57″, *ſi cavum oculare pro convexo poſuiſſem ut debueram, utque feci pag. ſeq.* [15]) *nempe ang. aberr.is fuiſſet BPG*, 1′.57″. *Ergo tamen jam noceret hic aberratio ex figura.*

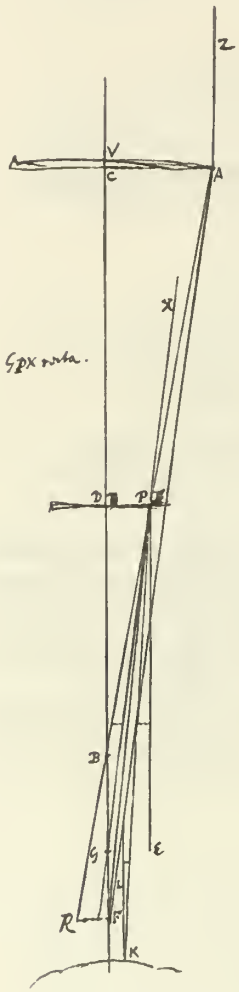
---

[9]) Voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81.
[10]) Voir la note 5, p. 638.
[11]) Voir le § 8, qui précède, au bas de la p. 639.
[12]) Voir à propos de ce nombre la règle de la p. 287.
[13]) Toujours d'après la règle de la p. 495.
[14]) Il s'agit du § 8, p. 638.
[15]) Voir le § 10 qui suit.

§ 10 [1]).

Verus calculus anguli aberrationis ex figura, in noſtro parvulo teleſcopio.

[Fig. 12.]



Ratio calculi. lentis VA focus eſt F, aberratio ponitur FB, quæ hic multo major exhibetur quam eſſe debebat, quippe quæ tantum $\frac{5}{3}$ eſſet craſſitudinis VC, nam pono lentem æqualiter utrinque convexam [2]).

radius ergo ZA iret in AB. Jam inveniendum quis radius ex P veniens (GPX recta) et cum axe conveniens evadat refractione lentis DP axi parallelus. lens DP utrinque æqualiter eſt cava, cujus punctum diſperſus radiorum axi parallelorum eſt F. Sed et hæc lens habet aberrationem ſuam. Sit PE parallelus axi radius, ejus aberratio ex lente cava DP erit FG, quæ ſit ad FB ſicut FD ad FC [3]), quia etiam DP ad CA cenſenda eſt eſſe ut FD ad FC. Nam FD cenſetur æqualis BD propter minimam FB. Ergo radius XPG fuerit refractione lentis DP axi parallelus in PE. Quamobrem APB ibit per PK, ut ſit angulus KPE ∞ ∞ BPG. Invenitur autem ang. BPG ex angulo FPB, quia ſunt inter ſe ut GB ad BF.

CF 3 pol., AC $\frac{27}{200}$ poll., FD $\frac{7}{10}$ poll [4]).

FC (3) ad FB $\left(\frac{1}{100}\right)$ aberratio convexæ AA [5]) ut DF $\left(\frac{7}{10}\right)$ ad FG $\left(\frac{7}{3000}\right)$ aberratio cavæ DP. quia ſic quoq. pag. 68 [5]) invenienda fuiſſet aberr.o FG cum lens PD eſt convexa quia craſſitudines ut foci diſtantiæ.

BC ∞ FC(3) ad CA $\left(\frac{27}{100}\right)$ ut BF $\left(\frac{1}{100}\right)$ ad FR $\left(\frac{9}{20000}\right)$. cenſentur æquales BC, FC quia BF minima.

[1]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 70 du Manuscrit II.

FD ∞ FP $\left(\frac{7}{10}\right)$ ad FR $\left(\frac{9}{20000}\right)$ ut rad. tab. (100000) ad 64 tang. $2'\frac{1}{5}$ FPR. hic calculus idem hactenus qui p. 68 [5]), quæ videnda.

$$\left.\begin{array}{l} \text{FB } \frac{1}{100} \\ \text{FG } \frac{7}{3000} \end{array}\right\} \text{ subtr.}$$

$$\text{BG } \frac{23}{3000}$$

FB $\left(\frac{1}{100}\right)$ ad BG $\left(\frac{23}{3000}\right)$ ut $\left(2'\frac{1}{5}\right)$ $\angle$ FPR ad $\left(1'\frac{2}{3}\right.$ sive $\left.1'40''\right)$ $\angle$ BPG sive KPE sive PKL.

Egregiè igitur convenit inter hanc inquisitionem anguli aberrationis, et eam quæ ex microscopio constituta est p. 67 [6]).

NB. Cum per aberrationem Newtoni liceat vel triplo majorem facere aperturam [7]); possit autem aberratio tota, quæ ex figura nascitur, tolli remedio certæ cavæ lentis [8]); poterimus hujusmodi exigua telescopia facere, magnis aperturis prædita, eoque clara etiam intra ædes nec non ad stellas: Quæ tantum duplo augent, meliora essent longioribus lentibus adsumtis, si ratio habeatur aberrationis ex figura, quia pupillæ dupla latitudo in convexa lente consideranda est &c. sed nunc vel pollicare perspicillum sufficiet, cum menisco pro convexa, quo minus rectæ lineæ appareant curvatæ.

---

[2]) Comparez la p. 291.

[3]) L'aberration sphérique d'une lentille concave est égale à celle d'une lentille convexe de la même épaisseur et dont la courbure des surfaces est la même. Cela résulte de l'identité des expressions pour cette aberration qu'on trouve aux pp. 291 et 303. On peut donc, pour déterminer cette aberration, remplacer la lentille concave DP par une lentille convexe; mais alors il est clair, à cause de la similitude complète des figures, que les aberrations FB et FG doivent être dans le rapport des distances focales.

[4]) Il s'agit de la lunette mentionnée dans le § 8, p. 638, munie de l'oculaire de distance focale de $\frac{7}{10}$ pouce dont il est question dans la dernière partie de ce § 8.

[5]) Voir le § 8, p. 638.

[6]) Voir le § 6 en haut de la p. 636. Mais comparez toujours la note 1 de la p. 636 et de même la p. 565, qui fait voir que Huygens a beaucoup modifié depuis ses conclusions sur la grandeur de l'angle d'aberration sphérique compatible avec la vision distincte.

[7]) Comparez la dernière partie du § 8, p. 639. Toutefois il n'y est question que d'un agrandissement de l'ouverture dans le rapport de 3 à 7.

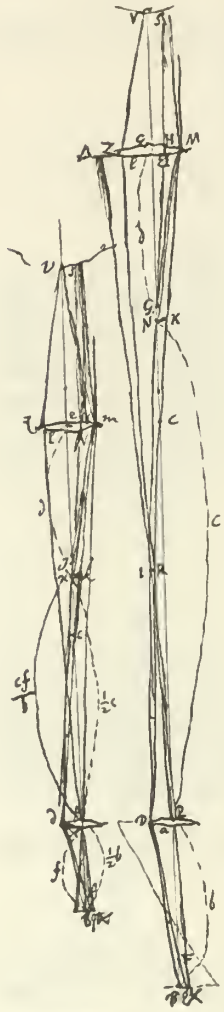
[8]) Voici que Huygens revient de nouveau à l'invention ingénieuse de 1665 qu'il avait exposée dans les „Rejecta" à la Prop. IX, Part. II, p. 319—331.

§ 11 [1]).

Aberratio, quæ in Microſcopijs compoſitis, calculo inquiritur.

[Première Partie] [2]).

[Fig. 13.] [Fig. 14.] PN [Fig. 14] (c) [3]) ad PE ($c + d$) ut NE (d) ad EV $\left(\frac{dc + dd}{c}\right)$ [4])



PE ($c + d$) ad EZ (l) ut **pe** [Fig. 13] $\left(\frac{1}{2}c + d\right)$ ad $\frac{1}{2}$**ez** $\left(\frac{\frac{1}{2}cl + dl}{c + d}\right)$ [5])

pn $\left(\frac{1}{2}c\right)$ ad **pe** $\left(\frac{1}{2}c + d\right)$ ut **ne** (d) ad **ev** $\left(\frac{\frac{1}{2}cd + dd}{\frac{1}{2}c}\right)$

ev $\left(\frac{\frac{1}{2}cd + dd}{\frac{1}{2}c}\right)$ ad **ez** $\left(\frac{\frac{1}{2}cl + dl}{c + d}\right)$ ut EV $\left(\frac{dc + dd}{c}\right)$ ad EZ (l) [6])

$$\frac{cd + 2dd}{c} \text{ ad } \frac{cl + 2dl}{c + d} \text{ ut } \frac{dc + dd}{c} \text{ ad } l$$

$$\frac{d}{c} \text{ ad } \frac{l}{c + d} \text{ ut } \frac{dc + dd}{c} \text{ ad } l$$

$$dc + dd \text{ ad } l \text{ ut } dc + dd \text{ ad } l.$$

Itaque poſitis utrobique ijſdem lentibus ocularibus EM, **em** quarum foci N, **n** diverſis vero objectivis PD, **pd**, ſed ita ordinatis ut ſicut earum foci diſtantiæ ita ſint diſtantiæ NP, **np**. (ſunt aut [em] N et **n** puncta conjugata ſeu reſpondentia punctis B, **b** in quibus viſibilia). Erunt magnitudines apparentes, quas definiunt anguli EVZ, **evz** in utroque microſcopio æquales.

[1]) Ce paragraphe est emprunté aux p. 74—76 du Manuscrit II. Nous l'avons divisé en deux parties dont la première se rapporte à l'aberration chromatique, la deuxième à l'aberration sphérique.

Quod [7]) ſi aperturarum latitudines 2PD, 2 **pd** ſint ut lenticularum harum foci diſtantiæ, erit claritas utrobique eadem.

Sed aberrationis angulus [8]) major erit in longiori microſcopio EMPD. Nam ſi ex. gratia, ſit NP dupla **np**, eoque foci diſtantia lenticulæ PD dupla foci diſtantiæ lenticulæ **pd**. ſit ang. BDQ ∞ **bdq**. Et proinde NDK ∞ **ndk**, unde NK dupla **nk**, eoque ang. NMK duplus **nmk**.

Poteſt ergo apertura **pd** major ſieri, eoque claritas brevioris microſcopij augeri, ut major ſit claritate longioris et aberrationem habeat æqualem et multiplicationem.

Poteſt ergo ſic augeri iſta apertura et ſimul lens ocularis **em** ſumi minoris foci diſtantiæ quam lens EM, ut magis amplificet brevius microſcopium longiore, et claritatem habeat ipſi æqualem, itemque æqualem aberrationem.

Pone manere diſtantiam **np**, quæ nempe ſit ad NP ſicut foci diſtantia lenticulæ **pd** ad foci diſtantiam lenticulæ PD. Jam ſi non augeretur apertura **pd**, ſed maneret proportio **bp** ad **pd** quæ BP ad PD, fierent latitudines ad pupillam de quibus pag. 55 [9]), HE, **he** ſive SV, **sv**, æquales, ob æqualitatem angulorum DNP, **dnp**,

---

[2]) Dans cette partie Huygens commence à s'occuper de la question de construire, en utilisant les données fournies par un microscope étalon dont il avait éprouvé les bonnes qualités, d'autres microscopes plus grossissants. En effet, cette partie, où l'aberration chromatique est considérée comme la principale, peut être considérée comme constituant l'avant-projet qui a servi à la rédaction des Prop. XIV et XV (p. 535—553) du texte de la „Dioptrique".

[3]) Les calculs qui suivent à cette page se rapportent à deux microscopes où les distances focales EN et **en** des oculaires sont égales; mais la distance focale de l'objectif est dans le microscope le plus court la moitié de ce qu'elle est dans le plus long; il en est de même des distances PB et **pb** de l'objectif à l'objet et, par conséquent, aussi de celles PN et **pn** de l'objectif au foyer de l'oculaire, lequel foyer est en même temps le point qui correspond par rapport à la lentille inférieure au point où se trouve l'objet. Or, Huygens va démontrer que dans ces conditions les grossissements sont égaux, ce qu'il fait en comparant l'un à l'autre les angles **ZVE** et **zve** sous lesquels un même objet de largeur BX = **bx** est vu à travers les deux microscopes.

[4]) Cette proportion qui se déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99 doit servir à déterminer le point V correspondant au point N par rapport à l'oculaire, auquel point V Huygens suppose que l'oeil sera placé.

[5]) Soit δ la largeur BX = **bx** de l'objet, on aura alors, en tirant les droites XPZ et **xpz**, $ZE = \frac{PE}{PB}.\delta$ et $\mathbf{ze} = \frac{\mathbf{pe}}{\mathbf{pb}}.\delta$; mais puisque PB = 2**pb** on en déduit $PE : ZE = \mathbf{pe} : \frac{1}{2}\,\mathbf{ze}$.

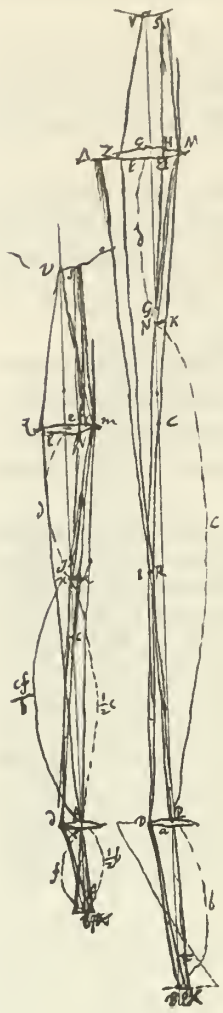
[6]) C'est là évidemment la condition pour que le même objet soit vu sous un même angle dans les deux microscopes, c'est-à-dire pour que leur grossissement soit égal. Or, ce qui suit sert à vérifier que cette condition est satisfaite en effet. Inutile de rappeler que, d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233, le grossissement est indépendant de la position de l'oeil.

[7]) Comparez à propos de ce qui suit jusqu' aux mots „Duplicemus multiplicationem", les p. 537 (au bas) —543 du texte de la „Dioptrique" où toutes ces choses sont traitées plus amplement.

[8]) Il s'agit de l'aberration chromatique.

[9]) Cette page du Manuscrit H contient le § 12 de l'Appendice VI, p. 614 et la remarque suivante: „Si in duobus microscopijs eadem sit copia radiorum receptorum a singulis rei

[Fig. 13.] [Fig. 14.]



itemque foci diſtantiarum NE, **ne**. Itaque aucta apertura **pd**, major fit latitudo ad pupillam quam longiori microſcopio, cum retinetur eadem lens ocularis.

Duplicemus multiplicationem ſumta lente oculari quæ habeat duplo minorem foci diſtantiam. Erit aberratio nihilo major ſed lucis quartam partem habebis tantum [1]). Ergo hæc aliunde roboretur.

Quære datâ lenticulâ **pd**, et manente diſtantiæ **np** ad **pb** ratione eadem quam NP ad PB et aberratione, et claritate quæ in majori microſcopio EMPD, quanta poſſit fieri apertura **pd**, et quanta ſimul foci diſtantia **en** [2]).

Sit **pb** ∞ f, quæ non fit foci diſtantia lentis **pd** ſed ad eam ſe habeat ſicut PB ad foci diſtantiam lentis PD. Sit ſemiapertura **pd** ∞ x ſit angulus QDB [3]) ∞ g.

BP (b) ad PD (a) ut **bp** (f) ad $\frac{af}{b}$, ſemiapertura lentis **pd**, ſi foret proportionalis aperturæ PD ſecundum foci diſtantias. ſed jam majorem pono ∞ x.

Semiapertura lentis **p** ſi foret proportionalis aperturæ PD ſecundum foci diſtantias $\left(\frac{af}{b}\right)$ ad x ut QDB (g) ad $\angle$**qdb** $\left(\frac{bgx}{af}\right)$ nam ut aperturæ ita hic **bq** et ita anguli aberrationis Newtonianæ [4]).

$\angle$QDB (g) ad $\angle$**qdb** $\left(\frac{bgx}{af}\right)$ ut IR $\left(\frac{fn}{b}\right)$ [5]) ad **kn** $\left(\frac{nx}{a}\right)$ [6])

---

visæ punctis, eademque latitudo ad oculum. erit eadem utriusque amplificatio.

Et posita radiorum æquali copia, si sit major amplificatio erit minor latitudo ad oculum."

En effet, en employant les notations du paragraphe présent, où PD $= a$, BP $= b$, posant de plus g pour le grossissement, λ pour la „latitudo ad oculum", ω pour la distance de la vision distincte, on aura $\lambda = \frac{ad}{c}$, $g = \frac{\omega c}{bd}$ (d'après la règle de la p. 529). On en déduit la relation $\lambda g = \frac{a\omega}{b}$, qui fait voir que la remarque de Huygens est exacte.

[1]) En vérité l'aberration chromatique serait doublée; voir la note 4 de la p. 554.

[2]) C'est la question traitée et résolue dans la Prop. XV du texte de la „Dioptrique"; voir les p. 543—551 auxquelles ce qui suit a servi d'avant-projet.

[3]) DQ passe par le foyer F de la lentille DP.

NK (n) [7]) ad NM ∞ NE (d) ut **nk** $\left(\frac{nx}{a}\right)$ ad **nm** ∞ **ne** $\left(\frac{dx}{a}\right)$, jam aberratio æqualis erit. aberratiunculas GN, **gn** utrobique negligo, quibus augerentur non nihil anguli aberrationis. Sed exiles sunt eo quod EM, **em**, minores portiones sunt majorum multo lentium quam PD, **pd** suarum.

Jam porro debet esse $\angle$EVZ ad **evz** ut PBD ad **pbd**. ita enim lux hausta utrobique erit ut amplificatio.

$$\mathbf{pn}\,\frac{cf}{b}\ ^{8)}\ \text{ad}\ \mathbf{pe}\left(\frac{cf}{b}+\frac{dx}{a}\right)\ \text{ut}\ \mathbf{ne}\,\frac{dx}{a}\ \text{ad}\ \mathbf{ev}\left(\frac{dx}{a}+\frac{ddxxb}{aacf}\right)^{9)}$$

Sit BX ∞ h lineola visa.

$$\text{PB}\ (b)\ \text{ad BX}\ (h)\ \text{ut PE}\ (c+d)\ \text{ad EZ}\left(\frac{hc+hd}{b}\right)$$

$$\mathbf{pb}\ (f)\ \text{ad}\ \mathbf{bx}\ (h)\ \text{ut}\ \mathbf{pe}\left(\frac{cf}{b}+\frac{dx}{a}\right)\ \text{ad}\ \mathbf{ez}\left(\frac{hc}{b}+\frac{hdx}{af}\right)$$

[ut ang. EVZ ad ang. **evz** ita ang. PBD ad ang. **pbd**]

$$\frac{\text{EV}}{\text{EZ}}\left(\frac{\frac{dc+dd}{c}}{\frac{hc+hd}{b}}\right)\ \text{ad}\ \frac{\mathbf{ev}}{\mathbf{ez}}\left(\frac{\frac{dx}{a}+\frac{ddbxx}{aacf}}{\frac{hc}{b}+\frac{hdx}{af}}\right)\ \text{ut}\ \frac{b}{a}\ \text{ad}\ \frac{f}{x}\ ^{10)}$$

$$aaf \infty bxx;\ x \infty a\sqrt{\frac{f}{b}}\ ^{11)}\ \mathbf{ne}\ \text{quæ erat}\ \frac{dx}{a}\ \text{erit}\ \sqrt{\frac{ddf}{b}}$$

$$\text{si}\ \sqrt{bf} \infty 2f,\ b \infty 4f,\ f \infty \frac{1}{4}b\ \text{et}\ \mathbf{ne}\ \text{hic}\ \frac{1}{2}d.\ \text{et}\ x \infty \frac{1}{2}a$$

NP (c) ad PD (a) ut NE (d) ad EH $\left(\frac{ad}{c}\right)$ latitudo ad pupillam

---

4) Comparez la p. 545, où la même relation entre les angles QDB et **qdb** est déduite.

5) C'est-à-dire en posant NK $= n$; alors $\frac{\text{IR}}{n} = \frac{\text{PR}}{c} = \frac{\mathbf{pn}}{c}$, mais **pn**: PN($c$) = **pb**($f$): PB($b$), donc **pn** $= \frac{cf}{b}$, IR $= \frac{nf}{b}$.

6) On trouve à la p. 545 une autre déduction de la relation **kn** $= \frac{nx}{a}$.

7) Comparez pour ce qui suit l'alinéa qui commence au bas de la p. 545.

8) Voir la note 5.

9) Comparez la note 4 de la p. 645.

10) C'est donc la condition de l'égalité de la clarté dans les deux microscopes.

11) Comparez la p. 547, où la même relation est déduite d'une manière plus simple.

$$\mathbf{np}\left(\frac{cf}{b}\right) \text{ ad } \mathbf{pd}\left(\infty\, x \infty \sqrt{\frac{aaf}{b}}\right) \text{ ut } \mathbf{ne}\left(\sqrt{\frac{ddf}{b}}\right) \text{ ad } \mathbf{eh}\left(\frac{\sqrt{\frac{aaddff}{bb}}}{\frac{cf}{b}}\right) \infty \frac{ad}{c}$$

Ergo eadem utrobique fit latitudo ad pupillam [1]).

[Deuxième Partie] [2]).

[Fig. 15.]

Si x majorem ponis fit et **fb** major [3]). Unde et **bq** major ex duplici caufa. Ergo hic erat aliquid erroris in angulo **qdb** fupputando [4]).

[qu. Δ**p**] [Fig. 15] [5]) $\left(\frac{aaff}{bb}\right)$ ad [qu. **dp**] (xx) ut [QDB] (g) ad $\angle$**b**$\Delta\delta\left(\frac{bbgxx}{aaff}\right)$,

nam ut quadrata aperturarum ita funt aberrationes; et fi apertura **pd** fuiffet proportionalis PD [6]), fuiffet ang. **qdb** ∞ QDB.

---

[1]) Comparez l'alinéa qui commence au bas de la p. 549.

[2]) Dans cette partie les calculs qui précèdent sont repris, mais cette fois dans la supposition que l'aberration sphérique est plus importante que l'autre. Elle peut être considérée comme constituant un avant-projet des p. 569—575 du texte de la „Dioptrique".

[3]) C'est-à-dire dans le cas de l'aberration sphérique.

[4]) Pour expliquer cette phrase il faut remarquer que la page d'où nous avons emprunté ce qui suit en recouvre une autre où des calculs, datés du 16 juillet 1692, ont été biffés depuis. Ces calculs étaient analogues à ceux qui suivent avec cette différence que Huygens y était parti de la supposition $\angle$**qdb** $= \frac{b^2gx^2}{a^2f^2}$, ce qui amène $x = a\sqrt[3]{\frac{f^2}{b^2}}$. Or, vers la fin de ces calculs il avait annoté „omnia bene", mais plus tard il avait biffé le mot „bene" et l'avait remplacé par „male"; ce qui signifie qu'à cet instant Huygens s'était aperçu que la valeur de l'angle **qdb** était erronée, puisque l'expression $\frac{b^2gx^2}{a^2f^2}$ ne représente pas l'angle **qdb** lui-même (Fig. 15) mais l'angle $\delta\Delta$**b**. En effet, au lieu de la proportion:

$$\text{„[qu. } \Delta\mathbf{p}]\ \frac{aaff}{bb} \text{ ad [qu. } \mathbf{dp}]\ (xx) \text{ ut [QDB] } (g) \text{ ad } \angle\mathbf{b}\Delta\delta\left(\frac{bbgxx}{aaff}\right)\text{"}$$

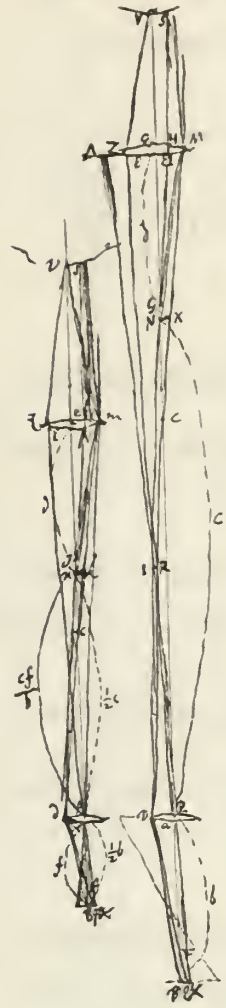
on lisait primitivement:

$$\text{„[qu. } \Delta\mathbf{p}]\ \frac{aaff}{bb} \text{ ad [qu. } \mathbf{dp}]\ xx \text{ ut [QDB] } (g) \text{ ad } \angle\mathbf{qdb}\left(\frac{bbgxx}{aaff}\right)\text{";}$$

mais depuis les lettres **qdb** furent biffées et remplacées par **b**$\Delta\delta$ et en même temps furent ajoutées les deux dernières lignes de la page présente et la proportion qui les suit et de laquelle la valeur corrigée de **qdb** est déduite.

[5]) Δ**p** représente l'ouverture de la lentille inférieure dans le cas que, par rapport au grand microscope, cette ouverture aurait été diminuée dans la même proportion que la distance focale et la distance de l'objet, auquel cas il est clair que l'angle **b**Δ**f** aurait été égal à l'angle BDF à cause de la similitude complète des figures. Or, en agrandissant ensuite l'ouverture jusqu'à

[Fig. 13.] [Fig. 14.]



$\mathbf{p}\Delta\left(\frac{fa}{b}\right)$ ad $\mathbf{pd}\,(x)$ ut $\angle\mathbf{b}\Delta\theta\left(\frac{bbgxx}{aaff}\right)$ ad $\angle\mathbf{qdb}$

correctus $\left(\frac{gb^3x^3}{a^3f^3}\right)$

$\angle$QDB ∞ IDK [Fig. 14] [7]) (g) ad $\angle\mathbf{qdb}$ ∞ $\mathbf{ndk}$

$\left(\frac{gb^3x^3}{a^3f^3}\right)$ ut IR [8]) $\left(\frac{fn}{b}\right)$ at $\mathbf{nk}\left(\frac{nb^2x^3}{a^3ff}\right)$ [9])

NK (n) ad NM ∞ NE (d) ut $\mathbf{nk}\left(\frac{nb^2x^3}{a^3ff}\right)$ ad $\mathbf{nm}$ ∞ $\mathbf{ne}$

$\left(\frac{db^2x^3}{a^3ff}\right)$ jam aberratio erit æqualis [10]).

Jam porro ut ang. **evz** ad EVZ, ita debet esse ang. **pbd** ad PBD, ita enim erit lux hausta minori microscopio ad lucem majori haustam ut amplificatio illius ad hujus amplif. unde claritas eadem.

$\mathbf{pn}\left(\frac{cf}{b}\right)$ [8]) ad $\mathbf{pe}\left(\frac{cf}{b}+\frac{db^2x^3}{a^3ff}\right)$ ut $\mathbf{ne}\left(\frac{db^2x^3}{a^3ff}\right)$ ad $\mathbf{ev}$

$\left(\frac{ddb^5x^6}{a^6f^5c}+\frac{dbbx^3}{a^3ff}\right)$ [11])

Sit BX ∞ h lineola visa et $\mathbf{bx}$ ∞ h.

PB(b) ad BX(h) ut BE $(c+d)$ ad EZ $\left(\frac{hc+hd}{b}\right)$

$\mathbf{pb}\,(f)$ ad $\mathbf{bx}\,(h)$ ut $\mathbf{pe}\left(\frac{cf}{b}+\frac{db^2x^3}{a^3ff}\right)$ ad $\mathbf{ez}\left(\frac{hc}{b}+\frac{hdb^2x^3}{a^3f^3}\right)$

ut ang. **evz** ad ang. EVZ ita ang. **pbd** ad ang. PBD

$$\frac{\mathbf{ev}}{\mathbf{ez}}\left(\frac{\frac{ddb^5x^6}{a^6f^5c}+\frac{dbbx^3}{a^3ff}}{\frac{hc}{b}+\frac{hdb^2x^3}{a^3f^3}}\right) \text{ ad } \frac{\mathrm{EV}}{\mathrm{EZ}}\left(\frac{\frac{cd+dd}{c}}{\frac{hc+hd}{b}}\right) \text{ ita } \frac{f}{x} \text{ ad } \frac{b}{a}\ ^{12}).$$

la valeur $\mathbf{dp}=x$, Huygens suppose que le rapport entre la nouvelle aberration $\mathbf{b}\delta$ et l'aberration $\mathbf{bf}$ (et par conséquent aussi entre l'angle $\mathbf{b}\Delta\delta$ et l'angle $\mathbf{b}\Delta\mathbf{f}$) est le même que le rapport de $\mathbf{dp}^2$ à $\Delta\mathbf{p}^2$; supposition qui fut adoptée probablement par analogie avec la Prop. VII, Part. II, p. 309, qui s'occupe de l'aberration près du foyer; voir encore le § 15, p. 654.

[6]) C'est-à-dire : si ces ouvertures auraient été proportionnelles aux distances focales, et par conséquent à f et b.

[7]) D'après la Prop. VI, p. 475.

[8]) Voir la note 5, p. 647.

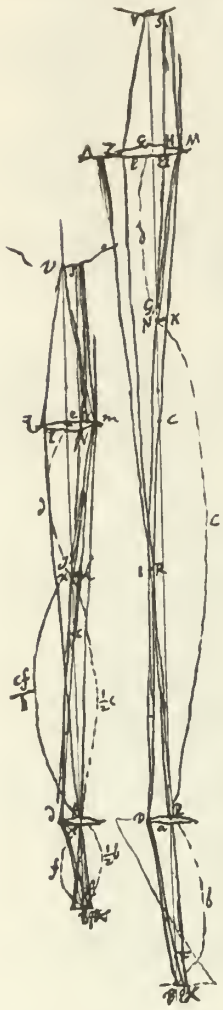
[9]) On trouve une autre déduction de **nk** au deuxième alinéa de la p. 571.

[10]) Comparez toujours le deuxième alinéa de la p. 571.

[11]) Comparez la note 4 de la p. 645.

[12]) Condition de l'égalité de la clarté dans les deux microscopes.

[Fig. 13.] [Fig. 14.]



$$\frac{\dfrac{ddb^5x^6 + dbba^3f^3cx^3}{a^6f^5c}}{\dfrac{hca^3f^3 + hdb^3x^3}{a^3f^3b}} \text{ ad } \frac{\frac{d}{c}}{\frac{h}{b}} \text{ ſive } \frac{bd}{ch} \text{ ita } af \text{ ad } bx$$

$db^6x^6 + b^3a^3f^3cx^3$ ad $ca^6f^5 + da^3b^3ffx^3$ ita af ad x; per $a^3f^3c + db^3x^3$ dividatur 1us et 2us terminus.

ut b^3x^3 ad a^3ff ita af ad x; $x \infty a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$ [1]).

Et **ne** ſeu $\frac{db^2x^3}{a^3f^2} \infty d\sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}}$.

NP (c) ad PD (a) ut NE (d) ad EH $\left(\frac{ad}{c}\right)$ latitudo ad pupillam.

np $\left(\frac{cf}{b}\right)$ ad **pd** $\infty x\left(a\sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}\right)$ ut **ne** $\left(d\sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}}\right)$ ad **eh** $\left(\frac{ad}{c}\right)$ latitudo ad pupillam eadem [2]).

[ang. **pbd** ad ang. PBD ut] bx ad af [ſive] $\sqrt{f\sqrt{bf}}$ ad $\sqrt{ff}$. Si velim ut $\sqrt{f\sqrt{bf}} \infty 2f$, $b \infty 16f$ et $f \infty \frac{1}{16}b$; **ne** $d\sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}} \infty \frac{1}{2}d \infty \frac{1}{2}$ NE; **np** $\frac{cf}{b} \infty \frac{1}{16}c$; **ev** ∞ **ne** $+ \frac{ddb^5x^6}{a^6f^5c} \infty d\sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}} + \frac{dd}{c}\sqrt{\frac{b}{f}}$. Sit jam $f \infty \frac{1}{16}b$, **ev** $\infty \frac{1}{2}d + 2\frac{dd}{c}$ [3]). $1\frac{8}{7}$ poll. [4]).

Campus duplo minor ferè [5]), quia lens **e** dimidiam foci diſtantiam et $\frac{1}{2}$ latitudinem habet lentis E. et **ve** ad VE ut 15 ad 18 [6]).

ve $\left(\frac{\frac{1}{2}cd + 2dd}{c}\right)$ [7]) ad EV $\left(\frac{cd + dd}{c}\right)$ ut $\frac{1}{2}c + 2d$ [8]) ad $c + d$ ſive $3\frac{1}{2} + 4$ [9]) ad $7 + 2$.

---

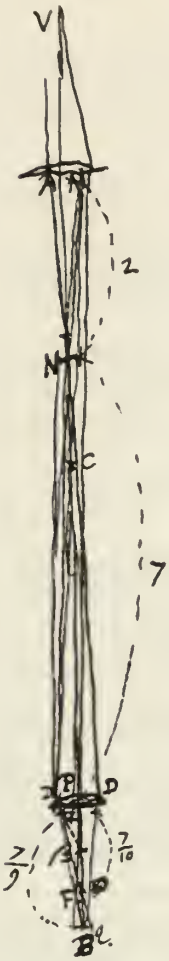
[1]) Comparez la p. 573, où la même relation est déduite d'une manière plus simple.

[2]) Comparez le premier alinéa de la p. 575.

[3]) Lisez „$4\frac{dd}{c}$".

[4]) C'est-à-dire en posant $c = 7$, $d = 2$, comme dans le microscope étalon décrit à la p. 549; mais lisez „$1\frac{16}{7}$".

[Fig. 16.]



§ 12 [10]).

Quæro angulum aberrationis Newton. in meo microſcopio [11]).

BF [Fig. 16] (x) ad BP $\left(x + \frac{7}{10}\right)$ ut FP $\left(\frac{7}{10}\right)$ ad PK (7) [12]); hic F pro foco, B pro puncto rei viſæ.

$$x \infty \frac{7}{90} \infty \text{FB}; \text{adde } \frac{7}{10} \infty \text{PF}; \frac{7}{9} \infty \text{PB}$$

PD $\infty \frac{1}{20}$; BQ [$\infty \frac{1}{50}$ PD] $\infty \frac{1}{1000}$ [13]); hic ſumo BO pro aberratione Newtoniana. cujus angulum quæro NMK.

PB $\left(\frac{7}{9}\right)$ ad PN (7) ut BQ $\frac{1}{1000}$ ad NK $\left(\frac{9}{1000}\right)$.

NM (2) ad NK $\left(\frac{9}{1000}\right)$ ut 100000 rad. tab. ad 450 tangens $15'\frac{1}{2}\angle$ NMK aberrationis. proxime quantum fert teleſcopium diurnum. nam nocturnum fert $31'\frac{1}{3}$. cujus dimid. $15'\frac{2}{3}$. vid. pag. 65 [14]).

---

[5]) Il en est ainsi si l'on mesure le champ par l'angle sous lequel il est vu, mais le rapport dont il s'agit devient bien différent de 2 à 1, si l'on mesure le champ par la longueur de son diamètre dans le plan de l'objet. On l'obtient alors en divisant le premier rapport par celui des grossissements.

[6]) Lisez „23 : 18", puisque **ev** $= \frac{23}{7}$, EV $= \frac{18}{7}$, de sorte que ce que Huygens appelle ici le champ se rétrécit d'un peu plus que de la moitié.

[7]) Lisez „4*dd*."

[8]) Lisez „4*d*."

[9]) Lisez „8."

[10]) Ce § 12 et les deux suivants ont été empruntés aux p. 78 et 79 du Manuscrit 11.

[11]) Comparez la dernière partie du § 6, p. 636 et la Prop. XVI, p. 553, où la même question est traitée. Il s'agit du microscope décrit à la p. 549.

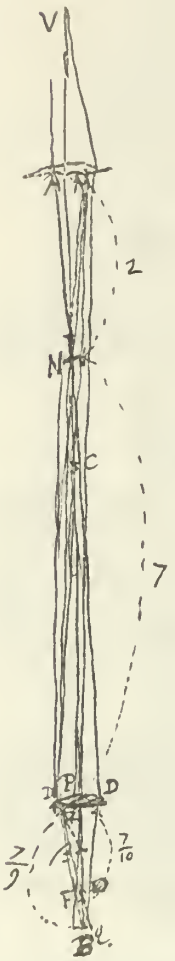
[12]) La proportion se déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

[13]) L'aberration chromatique longitudinale d'un rayon venant du point N est donc supposée égale à celle d'un rayon parallèle à l'axe. Cette supposition diffère de celle qui est employée à la Prop. XVI, p. 553, où les angles de dispersion sont regardés comme égaux dans les deux cas ; ceci explique la différence des résultats des deux calculs.

[14]) Il s'agit du § 4, p. 631.

§ 13 [1]).

[Fig. 16.]



Quæro angulum aberrationis ex figura in meo microſcopio [2]).

βP [Fig. 16] $\infty \frac{1}{2}$FP $\left(\frac{7}{20}\right)$ ad ZD $\left(\frac{1}{20}\right)$ ut 100000 rad. tab. ad 14286 ∞ ſin 8°. 13′, ZD proportionalis
98973 ſin compl., βZ proportionalis
ex 100000

100000 rad. tab. ad 1027 ſin. vers. ut βP $\left(\frac{7}{20}\right)$ ad $\frac{7189}{2000000}$PZ craſſit. lentis

$$\frac{7}{6}\,^{3)} \times \frac{7189}{2000000} \infty \frac{8419}{2000000} \infty \text{ OB aberratio} \infty \frac{1}{238}\,^{4)}.$$

$$\text{PF} \infty \text{ PB}\left(\frac{7}{9}\right) \text{ ad PD}\left(\frac{1}{20}\right) \text{ ut OB}\left(\frac{1}{238}\right) \text{ ad BQ}\left(\frac{1}{3702}\right)$$

$$\text{PB}\left(\frac{7}{9}\right) \text{ ad PN}(7) \text{ ut BQ}\left(\frac{1}{3702}\right) \text{ ad KN}\left(\frac{9}{3702}\right)$$

MN(2) ad KN $\left(\frac{9}{3702}\right)$ ut 100000 rad. tab. ad 121 tang. 4′ 10″ ang. NMK aberrationis ex figura.

Si lenticulæ convexa ſuperf. deorſum ſpectet eſſet aberrationis angulus plus quam quadruplo major [5]), ſive 18′. Hinc forſan melius experior ut plana ſuperf. deorſum convertatur.

Forſan aberratio ex figura majorem fert aberrationis angulum quam Newtoniana [6]). an non magis nocebit aberratio ex figura cum amplius aperientur minores lenticulæ quam ſecundum rationem foci diſtantiæ.

---

[1]) Voir la note 10 de la p. 651.

[2]) Comparez la Prop. XVII, p. 561, où la même question est traitée. Il s'agit toujours du microscope décrit dans à la p. 549.

[3]) Voir la p. 287.

[4]) La formule dont Huygens se sert ici pour calculer OB représente, d'après la règle de la p. 287, l'aberration longitudinale d'un rayon parallèle à l'axe, tandis qu'en vérité OB est l'aberration du rayon ND. C'est là la cause de la différence entre le résultat obtenu ici et celui de la p. 563 du texte de la Dioptrique. Consultez encore la note 9 de la p. 635.

§ 14 [1]).

Quære porro quantus fit ang. aberrationis ex figura in microfcopio quale fit pag. 76 [7]). Pofito $b \infty \frac{7}{36}$ poll. $c \infty \frac{7}{4}$ poll. $a \infty \frac{1}{40}$ poll. $d \infty 1$ poll. [8]).

$$\beta P\,[\text{Fig. } 16] \infty \tfrac{1}{2} FP\left(\tfrac{7}{80}\right) \text{ ad } PD \infty ZD\left(\tfrac{1}{40}\right) \text{ ut rad. tab. } 1000000 \text{ ad}$$

28571 fin. 16°36′
95832 fin. comp.
100000

$$100000 \text{ rad. t. ad } 4168 \text{ ut } \beta P\left(\tfrac{7}{80}\right) \text{ ad } PZ\left(\tfrac{1}{274}\right)$$

$$\tfrac{7}{6} \times \tfrac{1}{274} \infty \tfrac{1}{235} \infty OB$$

$$PF \infty PB\left(\tfrac{7}{40}\right) \text{ ad } PD\left(\tfrac{1}{40}\right) \text{ ut } OB\left(\tfrac{1}{235}\right) \text{ ad } BQ\left(\tfrac{1}{1645}\right)$$

$$PB\left(\tfrac{7}{36}\right) \text{ ad } PN\left(\tfrac{7}{4}\right) \text{ ut } BQ\left(\tfrac{1}{1646}\right) \text{ ad } KN\left(\tfrac{9}{1645}\right)$$

$NM\,(1)$ ad $KN\left(\frac{9}{1645}\right)$ ut rad. tab. 100000 ad 547 tang. 18′50″. hic ang. aberrationis ex figura jam nociturus videtur. quippe major Newtoniano [9]).

Puto jam fore talem hunc angulum aberrationis ut nocere poffit. Unde concludam non hoc modo in infinitum procedi poffe augendo [10]), at in telefco-

---

[5]) Comparez la Prop. XVII à l'alinéa qui commence à la p. 563.

[6]) Cette même question de la différence de grandeur, dans les deux aberrations, de l'angle admissible est traitée au § 6, p. 634 et au § 8, p. 638. Plus tard, pendant la rédaction du texte de la Dioptrique, Huygens a évalué les valeurs des deux angles à 20′ environ. Voir la p. 565.

[7]) Voir la p. 647 du § 11.

[8]) On aura donc dans la fig. 16, $BP = \frac{7}{36}$ pouce, $PN = \frac{7}{4}$, $NA = 1$. D'ailleurs on retrouve les mêmes dimensions à la p. 549 du texte de la „Dioptrique" à propos du microscope de $4\frac{1}{2}$ pouce dont il s'agit aussi dans le deuxième alinéa de la p. 565.

[9]) Le microscope, traité ici, était construit de manière à obtenir pour l'angle d'aberration chromatique la même valeur que dans le microscope étalon où il fut trouvé égal à $15'\frac{1}{2}$; voir le § 12, p. 651.

[10]) Comparez la p. 565.

piolis non nocebit ſic angulus aberrationis, cum in pedali tantum ſit 57″ (29″) vid. pag. 69 [1]).

Sed alio modo procedendo, in quo aberratio ex figura tantum conſideratur, ut pag. 75 [2]), dabitur tamen microſcopijs proceſſus in infinitum.

[Fig. 17.] [Fig. 18.]

§ 15 [3]).

Lens **cl** ſuperficies ex eadem ſphæra habet ac CL, et in eaſdem partes ſpectantes.

O eſt focus lentis CL. D punctum radians ulterius diſtans. OH eſt aberratio ex figura rad. VL axi paralleli. lens **cl** eandem habet foci diſtantiam, ſed aperturam **cl** minorem quam CL. **oh** eſt aberratio radij **vl** axi paralleli. Scimus jam eſſe OH ad **oh** ut qu. CL ad qu. **cl** [4]). P punctum conjugatum D. radius DL it in LQ.

THEOREMA DEMONSTRANDUM.

Quod ut NE ad **ne** [5]), OH ad **oh**, qu. CL ad qu. **cl** ita QP ad **qp** [6]).

qu. CL (aa) ad qu. **cl** (bb) ut OH (e) ad **oh** $\left(\frac{ebb}{aa}\right)$ [4])

DC (d) ad CL (a) ut DH $(d-c+e)$ ad HS $\left(\frac{ad-ac+ae}{d}\right)$

HS $\left(\frac{ad-ac+ae}{d}\right)$ ad HC $(c-e)$ ut CL (a) ad CQ $\left(\frac{cd-de}{d-c+e}\right)$ quia ang. HLS ∞ QLV ∞ LQC [7]).

dc (d) ad **cl** (b) ut **dh** $\left(d-c+\frac{ebb}{aa}\right)$ ad **hs** $\left(\frac{bd-bc}{d}+\frac{bebb}{aad}\right)$

---

[1]) Il s'agit du § 9, p. 640 de l'Appendice présent.

[2]) Il s'agit de la deuxième partie du § 11, p. 648; mais consultez surtout la Prop. XVIII, p. 569, à laquelle cette partie du § 11 a servi d'avant-projet, et en particulier les p. 573—575.

[3]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 80 du Manuscrit H. Le théorème qu'on y trouve démontré peut être considéré comme une extension de la Prop. VI, Part. II, p. 307. Il a d'ailleurs à peu près la même portée que le lemme 4, p. 565 qui en est une conséquence presqu'immédiate. Voir l'alinéa qui commence à la p. 567.

[4]) Par la proposition citée dans la note précédente.

$$\mathbf{hs}\left(\frac{bdaa-bcaa+bebb}{aad}\right)\text{ ad }\mathbf{hc}\left(c-\frac{ebb}{aa}\right)\text{ ut }\mathbf{cl}\ (b)\text{ ad }\mathbf{cq}\left(\frac{aadc-ebbd}{daa-caa+ebb}\right)$$

$$\text{DO }(d-c)\text{ ad DC }(d)\text{ ut OC }(c)\text{ ad CP }^{8})\text{ vel }\mathbf{cp}\left(\frac{dc}{d-c}\right)$$

$$\text{QP}\left(\frac{dc}{d-c}-\frac{cd-de}{d-c-e}\right)\text{ad }\mathbf{qp}\left(\frac{dc}{d-c}-\frac{aadc-ebbd}{daa-caa+ebb}\right)\text{ut OH}(e)\text{ ad }\mathbf{oh}\left(\frac{ebb}{aa}\right)^{9)}$$

$$\text{QP}\ \frac{dde}{dd-2dc+de+cc-ce}\text{ ad }\mathbf{qp}\ \frac{eddbb}{ddaa-2dcaa+debb+ccaa-ecbb}\text{ ut }aa\text{ ad }bb$$

$$aadd-2dcaa+debb+ccaa-ecbb \propto ddaa-2dcaa+deaa+ccaa-ceaa$$

deberet esse $bb \propto aa$ ut perfecte quadrarent. Sed quia e est minima cæterarum linearum respectu, nam est tantum $\frac{7}{6}$ crassitudinis lentis CL, in lente planoconvexa, ac cætera ubi non est e sunt utrimque eadem, eoque æqualia, constat verum esse theorema.

Nota quod ut qu. $d-c$ ad dd ita e ad QP [10]) nam $de-ce$ in divisore negligenda.

Sed etiam in **qp**. Unde jam facilis demonstratio. ut sequenti calculo non sit opus. Sed considera lentes LC ut planoconvexas, utroque modo conversas, an nulla sit difficultas. Resp. hæc nihil obsunt nec hic expendi necesse est.

Nota quod in aberratione Newtoniana, aberrationes QP, **qp** non obstante diversitate aperturarum CL, **cl** erunt æquales, quia et OH, **oh** æquales. Erit autem OH ad QP ut qu. DO seu qu. $d-c$ ad qu. DC seu dd, proximè [11]), æque ac in altera aberratione.

---

[5]) N est le foyer de la lentille pour les rayons parallèles à l'axe venant de la direction DC. NE l'aberration du rayon extrême passant par L.

[6]) Le théorème est exact en première approximation comme nous l'avons montré dans la note 3 de la p. 567. Mais la démonstration qui suit est entachée de l'erreur que nous avons signalée dans la note 7 de la p. 556.

[7]) Voir la Prop. VI, p. 475; mais l'approximation avec laquelle il y a égalité des angles est insuffisante pour pouvoir servir au calcul de PQ; voir toujours la note 7 de la p. 556.

[8]) Puisque P et D sont des points correspondants; voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

[9]) C'est la proportion qu'il s'agit de vérifier, ce qui est fait par le calcul qui suit.

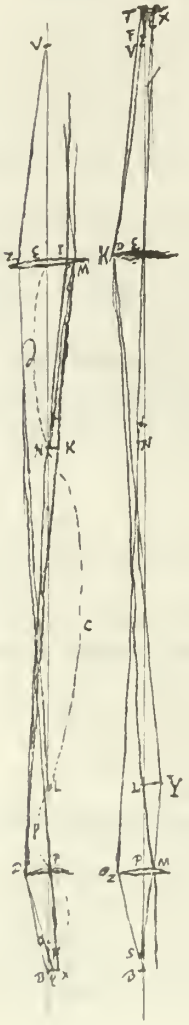
[10]) Comparez le lemme 2 de la p. 559, qui ne diffère pas de cette conclusion puisque $(d-c):d = \text{DO}:\text{DC} = \text{OC (ou NC)}:\text{CP}$; voir la note 8.

[11]) Voir le lemme 1, p. 551; d'après ce lemme les angles PLQ et NLE, ou OLH, sont égaux. Or, en exprimant de deux manières différentes le rapport des aires des triangles PLQ et OLH on arrive facilement, en ayant égard à la remarque faite dans la note 10 qui précède, à la proportion mentionnée; comparez d'ailleurs les lemmes 2 et 3 (p. 559—561) qui se rapportent à l'aberration sphérique et que l'on trouve donc ici valables pour le cas de l'aberration chromatique.

§ 16 [1]).

Si dato microſcopio, omnia proportionaliter minuantur atque ita alterum brevius conſtituatur ſciendum eſt breviori hoc viſibilia magis amplificari ſecundum eandem rationem. quia ſi et lineolæ viſæ longitudo eadem proportione diminuta fuiſſet qua cætera, ea utrobique eodem angulo ad oculum veniſſet, adeoque eadem fuiſſet magnitudo apparens minoris ac majoris lineolæ. Ergo ſi non fuiſſet diminuta, tanto major ſpectaretur breviori microſcopio. At vero obſcurior quoque, quia eadem lucis quantitas utriuſque microcopij lenticulam ingrederetur, quæ in breviori illuſtraret majorem imaginem. prorſus ut in ſimplicis lenticulæ microſcopijs [2]). utque ibi ita hic maneret eadem aberratio; ſed latitudo ad pupillam diminueretur [3]).

[Fig. 19.] [Fig. 20.]



§ 17 [1]).

Si microſcopio e duabus convexis lentibus compoſito quarum major ſit ocularis viſibile intuemur, deinde microſcopium invertamus manente lentium diſtantia, poterunt oculus et viſibile ita collocari ut denuo id diſtincte cernatur, eademque magnitudine et claritate qua prius. Sed poſterior poſitus priore pejor erit ob majus aberrationis vitium [4]).

Sit microſcopium ordinatum uti propoſ. præcedenti [5]) ex lentibus EZ, PD [Fig. 19] quarum illa major ſit atque ad oculum obverſa. Sintque omnia conſtructa ſicut illic. Rurſus idem invertatur, ſive quod idem eſt manente lente utraque permutentur loca oculi ac viſibilis, atque oculus quidem ponatur in S ut in figura altera [Fig. 20], ut poſito L foco lentis PD, ſint proportionales EL, EP, ES [6]). Viſibile vero ponatur in T ut ſint proportionales LN, LE, LT. Conſtat ergo ex propoſ. [VI, Part. I, Lib. II] [7]), ſi manente utraque lente tranſpoſitus fuiſſet oculus in B, et viſibile in V, eadem magnitudine hoc viſum iri atque cum oculus erat in V viſibile in B. Item oculo in T viſibile in B eadem adhuc magnitudine appariturum atque oculo in V, per prop. [XIII, Part. I, Lib. II] [8]) ſcilicet quod radij paralleli utrobique ad oculum veniunt qui ex

uno visibilis puncto promanant. Sed oculo in B visibile in T eadem magni.^{e} apparet atque oculo in T visibile in B. Ergo oculo in B visibile in T eadem apparet magn.^{e} atque oculo in V visibile in B. Sed rursus oculo tam in S quam in B eadem magn.^{e} apparet visibile in T. Ergo oculo in S visibile in T eadem magnitudine cernitur atque oculo in V visibile in B [9]).

Quod si jam sicut distantia BP ad aperturam dimid. PD ita sit dist. TE ad dimid. aperturam EK quæ lenti huic tribuatur eadem quantitas radiorum a punctis singulis rei visæ quæ in T ipsam ingredietur quam lentem PD a punctis rei visæ in B. Cumque eadem sit utrobique amplitudo picturæ in fundo oculi, sequitur et claritatem ejus fore eandem.

$$[\mathrm{LN}]\ (c) \text{ ad } [\mathrm{LE}]\ (c+d) \text{ ut } [\mathrm{NE}]\ (d) \text{ ad ET}^{10)}\ \frac{cd+dd}{c}$$

$$[\mathrm{NL}]\ (c) \text{ ad } [\mathrm{NP}]\ (c+p) \text{ ut PL} \infty \text{ PO } (p) \text{ ad PB } \frac{cp+pp}{c}$$

quæ major ratio PO ∞ PL (p) ad PB $\frac{cp+pp}{c}$ an NE (d) ad ET $\left(\frac{cd+dd}{c}\right)$? an c ad $c+p$ an c ad $c+d$? hæc est minor [11]),

Ergo ET ad NE major quam PB ad PO ∞ PL. hinc in utraque aberratione ostendi potest per propos. pag. præced. [12]) majorem esse rationem aberrationis

---

[1]) Les §§ 16 et 17 sont empruntés à la p. 81 du Manuscrit II.

[2]) Voir la Prop. XIII, p. 529—533.

[3]) Voir la p. 533.

[4]) Comparez le § 7, p. 637, qui traite le même sujet.

[5]) Il s'agit de la Prop. XIV, p. 535. Il est donc évident que le théorème présent était destiné à faire partie du texte de la Dioptrique. Or, on trouve dans la dernière partie du § 19, p. 662 la raison qui depuis a fait abandonner ce projet. Voir encore la note 7 de la p. 527.

[6]) Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99. De cette manière le point S est le point qui, par rapport à la lentille PZ, correspond au point E.

[7]) Voir la p. 199.

[8]) Voir la p. 233.

[9]) Il est évident que ce théorème élégant et sa démonstration s'appliquent également à un système centré quelconque. Il faut seulement que l'objet soit placé chaque fois de manière à rendre parallèles à la sortie du système les rayons émanant d'un de ses points.

[10]) Puisque L et T sont des points correspondants par rapport à la lentille DE.

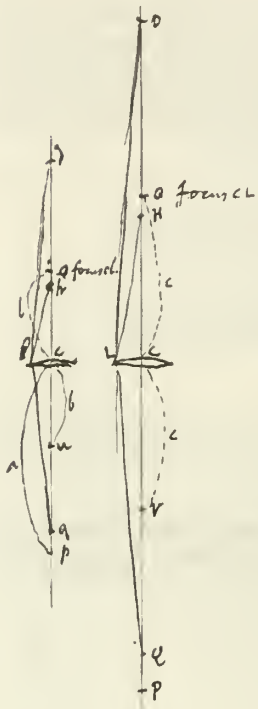
[11]) Puisqu'on suppose que la distance focale d de la lentille EZ est plus grande que celle p de la lentille DP.

[12]) Il s'agit du Théorème du § 15, p. 654.

FT ad TE, quam FB (in prima fig.) ad BP [1]) unde ang. TDF major BDF [2]).

Ergo ∠LDY major quam NDK [3]). Sed DL (∞ EL) major quam DN [∞ PN] [4]). Ergo omnino LY major quam NK. Sed PL ſeu LM minor quam NE ſeu NM. Ergo plane major ang. aberr.is LMY quam NMK.

[Fig. 21.] [Fig. 22.]



§ 18 [5]).

Dico ſi PC [Fig. 22] ad CV [6]) majorem habeat rationem, quam **pc** [Fig. 21] ad **cu** et ſit ut PC ad CL ita **pc** ad **cl** majorem fore rationem aberrationis [7]) PQ, (hoc est radiorum qui ad P punctum concurrere deberent) ad PC, quam aberrationis **pq** ad **pc**. D et P puncta conjugata.

Nam quia PC ad CL ut **pc** ad **cl**, erit CL ad **cl** major quam VC ad **uc**. hinc OH [8]) ad OC major quam **oh** ad **oc** [9]) et OH ad **oh** major quam OC ad **oc**. Sed erit DO ad DC minor quam **do** ad **dc** [10]), Ut autem qu. DO ad qu. DC ita OH ad QP [11]), et ut qu. **do** ad qu. **dc** ita **oh** ad **qp**. Ergo OH ad QP minor erit quam **oh** ad **qp**. Et QP ad OH major quam **qp** ad **oh** et QP ad **qp** major quam OH ad **oh**. Sed OH ad **oh** major erat quam OC ad **oc**. Ergo QP ad **qp** utique major quam OC ad **oc**. an jam OC ad **oc** [ſeu] CV ad **cu** major quam PC ad **pc** [12]), non ita ſed minor [13]). calculo indiget.

---

[1]) Dans le cas de l'aberration chromatique les aberrations longitudinales aux foyers seront proportionnelles aux distances focales. On pourra donc les représenter par η.PO [Fig. 19] et η.NE [Fig. 20], et, puisque, d'après la note 11 de la p. 655, le lemme 2, p. 559, est applicable, on aura pour les aberrations longitudinales, en B et en T, $\eta.\frac{PB^2}{PO}$ et $\eta.\frac{TE^2}{NE}$, et pour les rapports en question $\eta.\frac{PB}{PO}$ et $\eta.\frac{TE}{NE}$, d'où il suit qu'en effet le rapport qui concerne la fig. 19 est plus petit que celui qui appartient à la fig. 20.

La démonstration est un peu plus compliquée dans le cas de l'aberration sphérique. Alors les aberrations longitudinales aux foyers seraient proportionnelles, d'après le théorème principal du § 15, p. 654, aux carrés des rayons d'ouverture des lentilles DP et ZE; mais, pour obtenir la même clarté, ces rayons eux-mêmes sont supposés proportionnels aux distances BP et ET; on peut donc représenter les aberrations aux foyers par $k.BP^2$ et $k.ET^2$, et celles aux points B et T par $k.\frac{BP^4}{BO^2}$ et $k.\frac{ET^4}{EN^2}$. On trouve ainsi pour les rapports en question $k.\frac{BP^3}{BO^2}$ et $k.\frac{ET^3}{EN^2}$. Mais on a $\frac{BP^2}{BO^2} < \frac{ET^2}{EN^2}$ et de même $BP < ET$, puisque $\frac{BP}{ET} = \frac{(c+p)p}{(c+d)d}$ et

$$\mathbf{oc}\ (\infty\ \mathbf{uc})\ (b)\ \text{ad}\ \mathbf{cp}\ (a)\ \text{ut}\ \mathrm{OC}\ (\infty\ \mathrm{VC})\ (c)\ \text{ad}\ \frac{ac}{b}\ ;\ \mathrm{CP} \infty \frac{ac}{b} + e\ ^{14})$$

$$\mathbf{pu}\ (a - b)\ \text{ad}\ \mathbf{pc}\ (a)\ \text{ut}\ \mathbf{uc}\ (b)\ \text{ad}\ \mathbf{cd}\left(\frac{ab}{a-b}\right)^{15})$$

$p < d$. Il en résulte donc de nouveau que le rapport $\frac{\mathrm{FB}}{\mathrm{BP}}$ est plus petit que le rapport $\frac{\mathrm{FT}}{\mathrm{TE}}$.

D'ailleurs il semble que Huygens n'a pas jugé suffisante l'indication qu'il donne ici pour servir à la démonstration de l'inégalité $\frac{\mathrm{FT}}{\mathrm{TE}} > \frac{\mathrm{FB}}{\mathrm{BP}}$. Du moins il y est revenu dans le § 18 qui suit. En effet, l'inégalité en question est déduite en somme des relations $\frac{\mathrm{ET}}{\mathrm{NE}} > \frac{\mathrm{PB}}{\mathrm{PO}}$ et $\frac{\mathrm{DE}}{\mathrm{ET}}$ [Fig. 20] $= \frac{\mathrm{DP}}{\mathrm{BP}}$ [Fig. 19]. Or, ces relations sont entièrement identiques aux suppositions dont Huygens va partir au § 18, et l'inégalité qu'il y cherche à prouver est identique, à son tour, à l'inégalité $\frac{\mathrm{FT}}{\mathrm{TE}} > \frac{\mathrm{FB}}{\mathrm{BP}}$ du paragraphe présent.

[2]) En effet, en évaluant de deux manières différentes l'aire du triangle TDF on trouve facilement $\angle$TDF (Fig. 20) $= \frac{\mathrm{DE.FT}}{\mathrm{ET}^2}$. On a de même $\angle$BDF (Fig. 19) $= \frac{\mathrm{DP.FB}}{\mathrm{PB}^2}$. Mais, puisque $\frac{\mathrm{DE}}{\mathrm{ET}} = \frac{\mathrm{DP}}{\mathrm{PB}}$, le rapport des angles TDF et BDF ne dépend que de celui des quotients $\frac{\mathrm{FT}}{\mathrm{ET}}$ et $\frac{\mathrm{FB}}{\mathrm{PB}}$.

[3]) Comparez la Prop. VI, p. 475.

[4]) C'est-à-dire $d + c > p + c$.

[5]) Le paragraphe est emprunté à la p. 82 du Manuscrit H. Consultez sur sa portée le dernier alinéa de la note 1.

[6]) V et O sont les foyers de la lentille LC, **u** et **o** ceux de la lentille **lc**.

[7]) Il s'agit en premier lieu de l'aberration sphérique; mais on verra que plus loin Huygens appliquera la démonstration également à l'aberration chromatique.

[8]) OH est l'aberration au foyer.

[9]) Si l'on avait CL : **cl** = VC : **uc**, alors, à cause de la similitude complète des deux figures, on aurait OH : OC = **oh** : **oc**; mais si ensuite on élargit la lentille LC de manière que CL : : **cl** > VC : **uc**, il est évident qu'on aura dans le cas de l'aberration sphérique OH : OC > > **oh** : **oc**.

[10]) Par la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99, on a DO : DC = DC : DP = OC : CP = CV : CP, et de même **do** : **dc** = **cu** : **cp**; mais puisque, par supposition, CV : CP < **cu** : **cp**, on aura DO : DC < **do** : **dc**.

[11]) D'après le dernier alinéa de la p. 655.

[12]) Il est clair que dans ce cas la proposition qui se trouve en tête de ce paragraphe serait démontrée; mais puisqu'il n'en est pas ainsi, Huygens a recours à un calcul algébrique.

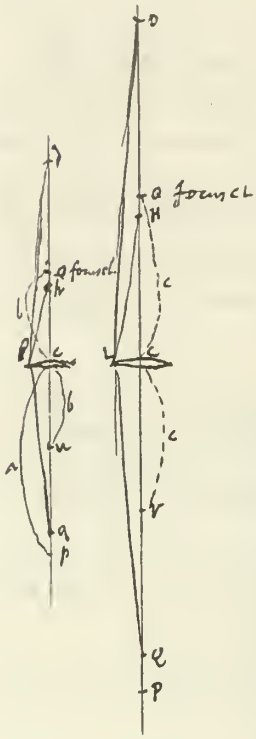
[13]) Puisque de $\frac{\mathrm{PC}}{\mathrm{CV}} > \frac{\mathbf{pc}}{\mathbf{cu}}$ on doit conclure évidemment à $\frac{\mathrm{PC}}{\mathbf{pc}} > \frac{\mathrm{CV}}{\mathbf{cu}}$.

[14]) En prenant $\mathrm{CP} = \frac{ac}{b}$, on aurait CP : CV = **pc** : **cu**; mais puisque, par supposition, le premier rapport surpasse le second il s'ensuit que la valeur de CP surpassera $\frac{ac}{b}$ d'une certaine quantité e.

[15]) Relation qu'on déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

$$\mathrm{PV}\left(\frac{ac}{b}+e-c\right) \text{ ad } \mathrm{PC}\left(\frac{ac}{b}+e\right) \text{ ut } \mathrm{VC}\ (c) \text{ ad } \mathrm{CD}\left(\frac{acc+bec}{ac+be-bc}\right)$$

[Fig. 21.] [Fig. 22.]



etiamſi OH ad OC ut **oh** ad **oc**, (quod fit in aberratione Newton.) [1]) vellem tamen oſtendere (cæteris poſitis ut ante) eſſe PQ ad PC majorem quam **pq** ad **pc** [2]).

$$\mathbf{do} \infty \frac{ab}{a-b} - b \infty \frac{bb}{a-b} \quad \mathrm{DO} \infty \frac{acc+bec}{ac+be-bc} - c \infty$$
$$\infty \frac{bcc}{ac+be-bc}$$

ſit OH ∞ n; **oh** $\infty \frac{bn}{c}$ [3]); qu. **do** $\left(\frac{b^4}{\text{qu. } a-b}\right)$ ad qu. **dc** $\left(\frac{aabb}{\text{qu. } a-b}\right)$ ut **oh** $\left(\frac{bn}{c}\right)$ ad **qp** [4]) $\left(\frac{aan}{bc}\right)$ [5])

$$\text{qu. DO}\left(\frac{\text{qu. } bcc}{\text{qu. } ac+be-bc}\right) \text{ ad qu. DC}\left(\frac{\text{qu. } acc+bec}{\text{qu. } ac+be-bc}\right)$$
$$\text{ut OH } (n) \text{ ad QP}\left(\frac{n \text{ qu. } ac+be}{\text{qu. } bc}\right)$$

cp (a) ad **qp** $\left(\frac{aan}{bc}\right)$ [5]); CP $\left(\frac{ac+be}{b}\right)$ ad QP $\left(\frac{n \text{ qu. } ac+be}{\text{qu. } bc}\right)$ [6])

$$bc \text{ ad } an \text{ [5]}; \frac{1}{b} \text{ ad } \frac{nac+nbe}{\text{qu. } bc}$$

$$\frac{an}{b} \text{ [5]} \infty \frac{bccan+bbcen}{b^2c^2} \text{ [7]}, abcc \overset{\parallel}{\infty} \text{ [8]} abcc + bbce$$

---

[1]) D'après le deuxième alinéa de ce paragraphe on aura dans le cas de l'aberration sphérique $\frac{\mathrm{OH}}{\mathrm{OC}} > \frac{\mathbf{oh}}{\mathbf{oc}}$; voir la note 9 de la p. 659.

[2]) Huygens veut dire qu'alors à plus forte raison on aura $\frac{\mathrm{PQ}}{\mathrm{PC}} > \frac{\mathbf{pq}}{\mathbf{pc}}$ dans le cas de l'aberration sphérique où $\frac{\mathrm{OH}}{\mathrm{OC}} > \frac{\mathbf{oh}}{\mathbf{oc}}$; voir les notes 3, 5 et 7.

[3]) Dans le cas de l'aberration sphérique on pourrait poser $\mathbf{oh} = \frac{bn}{c} - k$.

[4]) Voir le dernier alinéa de la p. 655.

Ergo QP major ad PC quam **pq** ad **pc**.

qu. **cu** ad qu. **cp** ut **oh** ad **qp**
ſic quoque qu. CV ad qu. CP ut OH ad QP } hinc demonſtratio forſan facilis [9]).

§ 19 [10]).

Quæ ſit ratio aberrationis HV ad QP ex figura [11]).

[Fig. 23.]

DO $(d-c)$ ad DC (d) ut OC (c) ad CP $\frac{dc}{d-c}$ [12])

DC (d) ad CM (a) ut CH $(c-n)$ ad HL $\left(\frac{ac-an}{d}\right)$ [13])
ex MC (a)

SM $\left(\frac{ad-ac+an}{d}\right)$

SM $\frac{ad-ac+an}{d}$ ad SL ∞ CH $(c-n)$ ut CM (a) ad CQ $\frac{dc-dn}{d-c+n}$
ex CP $\frac{dc}{d-c}$

QP $\frac{ddn}{dd-2dc+cc+dn-cn}$

HV (n) ad QP $\frac{ddn}{dd-2dc+cc+dn-cn}$ ut qu. DO $(dd-2dc+cc)$ ad qu DC (dd), hoc eſt ut qu. CV ad qu. CP [14]).

---

5) Dans le cas de l'aberration sphérique on doit remplacer n par $n-\frac{ck}{b}$.

6) Il s'agit maintenant de comparer entre eux ces deux rapports.

7) Cette relation devrait être satisfaite au cas de l'égalité des rapports; mais on voit par ce qui suit qu'elle ne l'est pas (et encore moins pour l'aberration sphérique que pour l'aberration chromatique). De plus on voit que le second membre est le plus grand; après quoi la conclusion est facile à tirer.

8) Signe équivalent au signe moderne $<$.

9) Annotation faite après la découverte de la relation du § 19, qui suit.

10) Ce paragraphe est emprunté à la p. 83 du Manuscrit H.

11) O et V sont les foyers de la lentille MC, D et P des points correspondants.

12) Relation qu'on déduit facilement de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

13) À cause de l'égalité des angles MDC et HMQ par suite de la Prop. VI, p. 475.

14) Le théorème obtenu est identique au Lemme 2, p. 559, et la démonstration ne diffère pas essentiellement de celle reproduite à cette p. 559. Consultez d'ailleurs sur son défaut d'exactitude la note 7 de la p. 556 et la note 4 de la p. 559.

[Fig. 24.] Difficultas eſt quod theorema de æqualitate angulorum a radijs incidentibus et refractis, non satis accurate verum eſt ad definiendas aberrationes [1]), nam in lente planoconvexa exempli gr. ſi foci ſint O et P, aberratio radij axi paralleli DL ſit OH. aberratio axi paralleli GL ſit PQ. erit OH $\infty \frac{7}{6}$ KC [2]) craſſitudinis quæ ſit θ. PQ $\infty \frac{9}{2}\theta$ [3]). Unde ſi ſemidiam. convexitatis CL, vocetur r. CM ſit $\infty 3r$. ſit KM $\infty 3r - \theta$ et KO [4]) ∞ $\infty \frac{2}{3}$ KM, erit $2r - \frac{2}{3}\theta$. unde ablata OH $\infty \frac{7}{6}\theta$, ſit KH $\infty 2r - \frac{11}{6}\theta$. Rurſus CP eſt $2r$ et KP $= 2r + \theta$ unde ablata PQ $\infty \frac{9}{2}\theta$, ſit KQ $\infty 2r - \frac{7}{2}\theta$. quæ ergo minor eſt quam KH ſeu $2r - \frac{11}{6}\theta$. Atqui ſi theorema de æqualitate angulorum verum eſſet accurate, eſſent æquales anguli GLH, DLQ. nam ſi radius DL it in LH etiam HL ibit in LD. Sed GL it in LQ. Ergo anguli ad L eſſent æquales. Ac proinde et ang. H et Q, ideoque KQ ∞ KH. Sed KQ minorem invenimus quam KH.

---

quid ſi omittatur theorema pag. 81 de invertendo microſcopio [5]): Nam in problemate pag. 75 et 76 de meliori ac breviori inveniendo [6]), non erit opus hujuſmodi inæqualitem angulorum aberrationis conſiderare, in calculo verò noſtri microſcopij [7]) ponitur tantum aberratio lenticulæ quæ in diſtantia viſibilis contingit eandem rationem habere ad eam diſtantiam quam haberet aberratio in foci diſtantia ad foci diſtantiam quod vix quicquam differt [8]).

Dele corollarium [9]), quo dicitur ſequi præſtare ut minor lens inferior ponatur [10]).

---

[1]) Comparez la note 4 de la p. 559 et voyez dans le dernier alinéa de la note 7 de la p. 556 pourquoi les raisonnements fondés sur l'égalité de ces angles n'amènent pas d'erreur dans le cas de l'aberration chromatique.

[2]) Voir la p. 287.

[3]) Voir la p. 285.

[4]) Consultez sur cette détermination de KO et de CP la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81.

[5]) Il s'agit du § 17, p. 656.

[6]) Voir le § 11, p. 644—650.

[7]) Il s'agit des §§ 6, p. 634 et 13 p. 652. Seulement on doit remarquer que dans le calcul au § 13 les deux aberrations dont Huygens va parler étaient supposées égales et que dans celui du § 6 (p. 635), les angles BDF et BθF (Fig. 8 et 9) étant considérés comme égaux, ces aberrations étaient supposées proportionnelles aux carrés des distances de l'objet et du foyer à la lentille; tandis qu'à présent Huygens les suppose proportionnelles à ces distances elles-mêmes.

§ 20 [11]).

[**b**γ] (Fig. 25) $(x-r)$ ad [**bp**] (x) ut [γ**p**] (r) ad **pn** $\left(\frac{rx}{x-r}\right)$ [12])

$\frac{\omega rx}{x-r}$ ad xy ut q ad r, data multiplicatio [13]).

---

[8]) Pour résumer le contenu de l'alinéa présent on peut donc dire que les considérations qu'on trouve dans l'alinéa qui le précède ont rendu suspectes à Huygens toutes les propositions sur l'aberration sphérique dont les démonstrations sont basées sur l'égalité des angles comme GLH et DLQ de la Fig. 24, c'est-à-dire en premier lieu la relation déduite au § 19 (p. 661) qui est identique au lemme 2, p. 559 du texte de la Dioptrique; d'après lequel les aberrations sphériques longitudinales aux différents points de l'axe sont proportionnelles aux carrés des distances de ces points à la lentille. Par conséquent, il veut omettre de sa Dioptrique le § 17 (p. 656), dont il ne sait pas prouver le point principal, c'est-à-dire la plus grande aberration du microscope inverti, sans employer cette relation. Mais il croit pouvoir retenir le contenu du § 11 (p. 644—650) où dans la deuxième partie, qui traite l'aberration sphérique, il n'a pas besoin de cette relation. Il est vrai qu'il y fait usage au début, p. 648, de la proposition principale, le „theorema demonstrandum" du § 15 (p. 654), et que la démonstration que Huygens a donnée de ce théorème au paragraphe cité (et de même celle qu'on rencontre dans le dernier alinéa de la p. 567) s'appuie sur la relation en question; mais en réalité la proposition en est indépendante comme nous l'avons montré dans la note 3 de la p. 567 et il est possible que Huygens en ait entrevu une démonstration qui n'en dépendrait pas.

Quoiqu'il en soit Huygens a fini par admettre cette relation dans sa Dioptrique au lemme 2, p. 559; sauf toutefois, à n'en faire usage que dans des cas, comme celui qu'il mentionne dans le présent alinéa, où le point de concours pour lequel il s'agit de calculer l'aberration n'est pas très éloigné du foyer; voir encore la note 7, p. 556.

[9]) Ce „Corollarium" a disparu, en effet, du manuscrit de la Dioptrique dans son état présent.

[10]) Le paragraphe présent est suivi à la p. 84 du manuscrit H par le lemme 4 de la p. 565 et par sa démonstration sur lesquels on peut consulter la note 8 de la p. 565.

En outre on lit encore sur cette même p. 84 l'annotation: „Sequatur hoc lemma post disquisitionem. quod non utimur nisi in proximis foco", dans laquelle il s'agit probablement du lemme 2, p. 559.

[11]) Dans ce paragraphe, emprunté aux p. 88 et 89 du Manuscrit H, Huygens se propose de déterminer les dimensions qu'il faut choisir pour un microscope dont la lentille objective est donnée afin d'obtenir un grossissement voulu et une clarté et netteté suffisantes des images, pour autant du moins que la netteté dépend de l'aberration chromatique.

[12]) Puisque **b** et **n** sont des points correspondants par rapport à la lentille **dp**. Comparez la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99, de laquelle la proportion du texte se déduit aisément.

[13]) Ici ω désigne la distance de la vision distincte, y la distance focale **ne** de l'oculaire, x la distance de l'objet à l'objectif, r la distance focale de cette lentille. Alors, en effet, $\frac{\omega rx}{x-r} : xy$ représente, d'après la règle de la p. 529, le grossissement du microscope, qui est supposé égal à $q : r$, où q représente donc une longueur donnée.

[Fig. 25.]

$$\mathbf{ne} \infty y \infty \frac{\omega rr}{qx - qr}.$$

$$[\mathbf{dp} \infty \theta]; [\gamma\mathbf{p}]\, r \text{ ad } \gamma\beta\left(\frac{1}{50}\theta\right)^{1)} \text{ ut } \mathbf{pn}\left(\frac{rx}{x-r}\right) \text{ ad } \mathbf{nk}\left(\frac{\frac{1}{50}\theta x}{x-r}\right)^{2)}$$

$$\mathbf{mn} \infty \mathbf{en}\left(\frac{\omega rr}{qx-qr}\right) \text{ ad } \mathbf{nk}\left(\frac{\frac{1}{50}\theta x}{x-r}\right) \text{ ut } r \text{ ad } s \text{ data aberratio}^{3)}$$

$$\mathbf{pd} \infty \theta \infty \frac{50\omega sr}{qx}$$

ratio anguli **euz** ad **pbd** componitur [4]) ex rat.^{e} ang. **euz** ad **epz** ∞ ∞ **bpg** et **bpg** ad **pbd**. hoc eſt ex. rat. **pe** ad **eu**, ſeu **pn** ad **ne** [5]) et **bg** ad **pd**. **bg** ∞ h.

$$\frac{hrx}{x-r} \text{ ad } \frac{50\omega\omega sr^3}{qx(qx-qr)} \text{ ut } f \text{ ad } r, \text{ data claritas.}$$

$$xx \infty \frac{50f\omega\omega sr}{qqh}$$

Manente lenticula [**dp**] eadem ſi velim eandem claritatem, eandem aberrationem manere quæ eſt in meo microſcopio [6]), ſed ampliationem eſſe duplam, erunt igitur s, f, r, ω eædem. Sed q erit duplo major. unde x duplo minor quam in noſtro. quod fieri nequit; quia debet eſſe x major quam r. nam x erat tantum paulo major quam r [7]).

$$50f\omega\omega s \,||\, ^{8)}\, qqhr$$

---

[1]) D'après la p. 485.

[2]) À cause de l'égalité des angles $\beta\mathbf{d}\gamma$ et **ndk**, qui suit de la Prop VI, p. 475.

[3]) Il s'agit de l'angle **nmk**, dont dépend l'aberration chromatique; voir les p. 539—541.

[4]) C'est du rapport de ces angles que dépend la clarté, puisque la quantité des rayons qui partant d'un point donné de l'objet atteindront l'oeil est proportionnelle au carré de l'angle **pbd** et le grossissement linéaire à l'angle **euz**; **bg** $= h$ étant considérée comme donnée.

[5]) Puisque **p** et **u** sont des points correspondants par rapport à la lentille **ze**.

[6]) Le microscope étalon décrit à la p. 549.

[7]) Le problème sera repris au § 22 avec des notations modifiées en partie.

[8]) Signe équivalent au signe moderne $>$. La relation exprime la condition nécessaire pour qu'on ait $x > r$.

[9]) Ce paragraphe est emprunté aux p. 90 et 91 du Manuscrit II.

[Fig. 26.]

§ 21 [9]).

Data lente oculari EM, et claritate et amplificatione, et aberratione ex diffipatione, invenire lenticulæ PD foci diftantiam et pofitum et aperturam. Ubi invenitur ampliationem quantumlibet magnam poffe ftatui [10]).

$d \infty$ MN foci dift. lentis ocularis. $y \infty$ Pγ foci dift. lentis PD. $x \infty$ ∞ PB diftantia rei vifæ. [$h \infty$] BX latitudo rei vifæ. DP ∞ θ. ω eft diftantia 8 pollicum [11]),

$$B\gamma\,(x-y) \text{ ad } BP\,(x) \text{ ut } P\zeta \infty P\gamma\,(y) \text{ ad } PN\left(\frac{xy}{x-y}\right)^{12)}$$

$$\left.\begin{array}{l} PN\left(\frac{xy}{x-y}\right) \text{ ad } NE\,(d) \\ \omega \text{ ad } PB\,(x) \end{array}\right\} \text{compone rationes. vide pag 152 rub. dioptric.}^{13)}$$

$$\frac{\omega xy}{x-y} \text{ ad } dx \text{ ut } \omega \text{ ad } q \text{ amplificatio data}^{14)}$$

$$y \infty \frac{dx}{q+d} \text{ vel } x \infty \frac{qy+dy}{d}\,;\; x-y \infty \frac{qy}{d}$$

$$BP\,(x) \text{ ad } PN\,\frac{xy}{x-y}, \text{ ut } x-y \text{ ad } y, \text{ ut } q \text{ ad } d.$$

ang. $\gamma D\beta$ eft ang. diffipationis radij Dγ, qui venit ab axi parallelo.

ang. diffipationis radij DB eft æqu. ang.° diffip. radij. Dγ, per lemma [15]). Sed ang. NDK eft æqu. ang.° diffip. radij DB [16]).

---

[10]) Comparez la Prop. XIX, p. 577. En effet, le paragraphe présent constitue un avant-projet de la partie du texte de cette proposition (p. 577—581), qui se rapporte à l'aberration chromatique.

[11]) C'est-à-dire la distance de la vision distincte; comparez la p. 529.

[12]) Puisque B et N sont des points correspondants; comparez la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

[13]) Il s'agit du texte de la p. 529.

[14]) On remarquera la manière différente dont le grossissement est défini ici et au § 20 où il est représenté par $q : r$. En effet, ce changement, qui aurait toujours été une amélioration, devenait inévitable du moment où la distance focale de l'objectif fut considérée comme une des grandeurs à déterminer.

[15]) Il s'agit du lemme 1, p. 551.

[16]) En vertu de la Prop. VI, p. 475; comparez la p. 539.

[Fig. 26.]

Ergo $P\gamma \infty D\gamma(y)$ ad $\gamma\beta\left(\frac{1}{50}\theta\right)$ [1]) ut PN $\frac{xy}{x-y}$ ad NK $\left(\frac{1}{50}\frac{\theta x}{x-y}\right)$;

MN ∞ NE (d) ad NK $\left(\frac{1}{50}\frac{\theta x}{x-y}\right)$ ut ω ad s aberratio data [2]).

$$ds \infty \frac{1}{50}\frac{\omega\theta x}{x-y};\ \theta \infty \frac{50dsx-50dsy}{\omega x},\ \text{ſed } x-y \infty \frac{qy}{d},\ \theta \infty \frac{50dqs}{\omega q+\omega d}.$$

Erit ſemper eadem claritas ſi fuerit eadem ratio anguli ZVE (quo percipitur BX) ad angulum DBP, quo lux hauritur a ſingulis rei viſæ punctis manans. Sed anguli ZVE ad DBP ratio componitur ex ratione ang.[i] ZVE ad ZPE ſeu BPX et BPX ad PBD, hoc eſt ex ratione PE ad EV ſeu PN ad NE (quia proportionales pono PN, PE, PV [3])) et ratione BX ad PD.

$$\left.\begin{array}{l} \text{PN}\left(\frac{xy}{x-y}\right) \text{ ad NE } (d) \\ \text{BX } (h) \text{ ad DP}\left(\frac{50dsx-50dsy}{\omega x}\right) \end{array}\right\} \text{compone rationes.}$$

$$\frac{hxy}{x-y} \text{ ad } \frac{50ddsx-50ddsy}{\omega x} \text{ ut } \omega \text{ ad } g \text{ claritas data [2])}$$

$$hxxgy \infty 50dds \text{ in qu. } x-y;\ \text{ſed } x-y \infty \frac{qy}{d}$$

$$ghxx \infty 50sqqy \text{ ſed } xx \infty \frac{qq+2dq+dd}{dd}yy$$

$$y \infty \frac{50ddsqq}{ghqq+2ghdq+ghdd}$$

$$y \infty \frac{50dds}{gh+\frac{2ghd}{q}+\frac{ghdd}{qq}}$$

quo minor q, hoc eſt quo major amplificatio, eo major diviſor, ac proinde eo minor fractio, hoc eſt eo minor erit y.

---

[1]) Voir la neuvième ligne de la p. 485. θ est le rayon de l'ouverture de l'objectif.

[2]) Nouveau changement de notation en comparaison avec le § 20 pour la raison indiquée dans la note 14 de la p. 665.

[3]) À cause de la correspondance des points N et V; comparez la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

$$y \infty \frac{50qqs}{\frac{qqgh}{dd} + \frac{2qgh}{d} + gh}$$

quo major d eo major y. manente ſcilicet q. quod ſi d infinite magna, fit $y \infty \infty \frac{50qqs}{gh}$.

erat $x \infty \frac{qy+dy}{d}$. Ergo $x \infty \frac{50.dq^2s}{qhg+dhg}$, PN $\frac{50.ddsq}{qhg+dhg}$.

Definienda q, s, g in meo [4]).

amplificatio (36) ad 1 ut ω (8) ad $\frac{2}{9} \infty q$. $\frac{7}{9} \infty x$; $\frac{7}{10} \infty y$; $\theta \infty \frac{1}{20}$; NK $\left[\frac{\theta x}{x-y}\right] \infty \infty \frac{1}{100}$. EN ∞d (2) ad NK $\left(\frac{1}{100}\right)$ ut ω (8) ad $s\left(\frac{8}{200}\right)$, ſive $s \infty \frac{1}{25}$.

PN (7) ad NE (2)

BX $\infty h\left(\frac{1}{20}\right)$ ad DP $\infty \theta\left(\frac{1}{20}\right)$, pono hic BX ∞ PD in noſtro, quod facere licet.

——————— [mult.]

7 ad 2 ut ω (8) ad $g\left(\frac{16}{7}\right)$. hinc $hg \infty \frac{4}{35}$ qualiſcunque ſit h. ſit enim $hg \infty \frac{d\omega \mathrm{PD}}{\mathrm{PN}}$ [5]) ſeu $\frac{d\omega\theta}{\mathrm{PN}}$.

Amplificatio dupla noſtræ. $d \infty 2$ [6]).

ampl. (72) ad 1 ut ω (8) ad $\frac{1}{9} \infty q$; $q\left(\frac{1}{9}\right)$ ad d (2) ut BP ad PN [7]) ut

---

[4]) C'est-à-dire dans le microscope étalon dont les dimensions ont été données à la p. 549.
[5]) Puisqu'on a, par définition, $h \times \mathrm{PN} : \mathrm{PD} \times \mathrm{NE} = \omega : g$, où $\mathrm{NE} = d$.
[6]) Comparez les lignes 11—14 de la p. 583.
[7]) Voir la ligne 4 d'en bas de la p. 665.

1 ad 18; $\theta \infty \frac{50.dsq}{\omega q + \omega d} \infty \frac{1}{38}$; $y \infty \frac{70}{361}$; $x \infty \frac{665}{3249}$ [1]); PN ∞ 19y [2]).

$y\left(\frac{70}{361}\right)$ ad $y\left(\frac{7}{40}\right)$ in alia disquisitione ubi servabatur ratio BP ad PN [3]), ut $\frac{10}{36}$ ad $\frac{1}{4}$, ut 10 ad 9; sit igitur lenticulæ foci distantia hic major paulo (nempe ut 10 ad 9) quam foci distantia alterius disquisitionis. Et longitudo microscopij inter binas lentes fere 6 poll. [4]). Ab oculo vero ad rem visam circiter 9 poll. [5]) cum ex altera disquisitione fuerit $4\frac{1}{2}$ poll. circiter.

Sit $d \infty$ 4 poll. et amplificatio dupla nostræ. $q \infty \frac{1}{9}$; $y \infty \frac{1120}{5476}$ [6]).

$50qqs \infty \frac{2}{81}$; $gh \infty \frac{4}{35}$; $\frac{35}{162} \infty y$. talis esset y si d infinite magna [7]). Unde apparet duplicata ampliatione fere quadruplo minorem assumendam lenticulæ foci distantiam, quantacunque fuerit foci dist. lentis ocularis [8]). $\frac{7}{10}$ ad $\frac{35}{162}$ ut 81 ad 25 [9]).

§ 22 [10]).

Data lenticula inferiori, et claritate, et amplificatione et aberratione ex dissipatione, invenire foci distantiam lentis ocularis. Ubi invenitur non posse sic augeri amplificationem nisi parum tantum [11]).

---

[1]) Lisez plutôt: $\frac{35}{171}$.

[2]) Puisqu'on a BP (x) : PN $= q : d$; donc PN $= \frac{dx}{q} = \frac{q+d}{q} y = 19y$.

[3]) Il s'agit de la deuxième Partie du § 11, p. 648 et du microscope traité au § 14, p. 653, où, en effet, la distance focale de l'objectif est égale à $\frac{7}{40}$ pouce; voir encore le deuxième alinéa de la p. 549.

[4]) Puisque PN $= 3\frac{13}{19}$ et NE $= 2$.

[5]) En premier lieu on doit ajouter BP $= \frac{1}{18}$ PN $= \frac{19}{18} y = \frac{35}{171}$ pouce et en second lieu la distance EV de l'oeil à l'oculaire. Or, on a PE : EV = PN : NE; donc EV = NE $\times$ PE : PN =

[Fig. 27.]

$$B\gamma\,(x-r) \text{ ad } BP\,(x) \text{ ut } P\zeta \infty P\gamma\,(r) \text{ ad } PN\left(\frac{rx}{x-r}\right)^{12)}$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{rx}{x-r} \text{ ad } y \\ \omega \quad \text{ad } x \end{array}\right\} \text{compone rationes}$$

$$\frac{\omega rx}{x-r} \text{ ad } xy \text{ ut } \omega \text{ ad } q \text{ amplificatio data}$$

$$y \infty \frac{qr}{x-r} \text{ ſive } x \infty \frac{qr+ry}{y}$$

$$P\gamma\,(r) \text{ ad } \gamma\beta\left(\frac{1}{50}\theta\right) \text{ ut } PN\,\frac{rx}{r-x} \text{ ad } NK\left(\frac{\frac{1}{50}\theta x}{x-r}\right)$$

$$MK \infty EN\,(y) \text{ ad } NK\left(\frac{\frac{1}{50}\theta x}{x-r}\right) \text{ ut } \omega \text{ ad } s \text{ aberratio data}$$

$$ys \infty \frac{1}{50}\frac{\omega\theta x}{x-r}. \text{ ſed } y \infty \frac{qr}{x-r}. \text{ Ergo } \theta \infty \frac{50qrs}{\omega x}$$

$$\left.\begin{array}{r} PN\left(\dfrac{rx}{x-r}\right) \text{ ad } NE \infty y\left(\dfrac{qr}{x-r}\right) \\ h \text{ ad } PD \infty \theta\left(\dfrac{50qrs}{\omega x}\right) \end{array}\right\} \text{compone rationes}$$

$= 3\frac{3}{35}$ pouce; ce qui donne tout ensemble $8\frac{5833}{5985}$ pouce.

6) Lisez plutôt: $\frac{280}{1369}$.

7) Voir plus haut la ligne 2 de la p. 667.

8) On a $y = \frac{50qqs}{gh\left(1+\frac{q}{d}\right)^2}$, où pour le microscope étalon $q = \frac{2}{9}$, $d = 2$. Si maintenant on veut augmenter le grossissement on doit diminuer encore q; mais alors $\frac{q}{d}$ sera une fraction relativement petite et on aura approximativement $y = \frac{50qqs}{gh}$, c'est-à-dire y sera indépendante de la valeur de d et directement proportionnelle au carré de q ou inversement proportionnelle au carré du grossissement.

9) $\frac{7}{10}$ est la distance focale du microscope étalon, $\frac{35}{162}$ celle qui convient à un grossissement double, quand $d = \infty$. Par l'approximation indiquée on aurait donc 100 à 25 au lieu de 81 à 25.

10) Dans ce paragraphe, emprunté à la p. 91 du Manuscrit II, le calcul du § 20, p. 663, est repris avec les nouvelles notations introduites dans le paragraphe précédent.

11) Comparez le dernier alinéa de la p. 579.

12) Pour cette proportion et pour les autres calculs qui suivent nous renvoyons aux notes explicatives du § 20, p. 663—664, puisqu'il n'y a rien de changé que les notations.

hx ad $\frac{50.qqrs}{\omega x}$ ut ω ad g claritas data. $xx \infty \frac{50.qqrs}{hg}$, quanto minor q, hoc eſt quanto major ampliatio, eo minor fit x. Sed x debet major eſſe quam r. Ergo cum in dato microſcopio noſtro ſit x tantum paulo major quam r, non poteſt q duplo minor ſumi, ſive duplicari ampliatio quia x fieret dimidia prioris eoque minor quam r.

$\frac{50.qqrs}{hg} \infty \frac{qqrr + 2qrry + rryy}{yy}$; $50.qqsyy - hgryy \infty 2hgqry + hgqqr$; $yy \infty$ $\infty \frac{2hgqry + hgqqr}{50.qqs - hgr}$; $50.qqs$ major quam hgr.

§ 23 [1])

In microſcopio ex 2 convexis.

Data lente oculari, et Claritate, Amplificatione, et aberratione ex figura; invenire lenticulæ inferioris foci diſtantiam et poſitum.

[Fig. 28.] OP [Fig. 28] ∞y [2]); [DP $\infty \theta$]; PT $\infty \frac{\theta\theta}{y}$ [3]); O$\gamma \infty \frac{7\theta\theta}{6y}$ [4]); [OP] (y) ad [DP] (θ) ut [Oγ] $\left(\frac{7}{6}\frac{\theta\theta}{y}\right)$ ad $\gamma\beta\left(\frac{7}{6}\frac{\theta^3}{yy}\right)$.

βD ∞ OP (y) ad $\gamma\beta\left(\frac{7}{6}\frac{\theta^3}{yy}\right)$ ut $6y^3$ ad $7\theta^3$, hinc ang. βDγ ſeu BDλ [5]) ſeu NDK [6]).

D$\gamma \infty$ OP (y) ad $\gamma\beta\left(\frac{7}{6}\frac{\theta^3}{yy}\right)$ ut PN $\left(\frac{xy}{x-y}\right)$ [7]) ad NK $\left(\frac{\frac{7}{6}\theta^3 x}{xyy - y^3}\right)$

NM [Fig. 26] ∞ EN (d) ad NK $\left(\frac{7}{6}\frac{\theta^3 x}{xyy - y^3}\right)$ ut ω ad s aberratio ex figura data [8]) quæ non eſt eadem quam aberratio ex diſſipatione. ideo s hic quærenda.

[1]) Le paragraphe est emprunté aux p. 92 et 93 du Manuscrit H. On y trouve la déduction des formules qui ont été données sans démonstration à la p. 581 du texte de la Dioptrique et leur application aux exemples traités aux p. 581—585.

[2]) La figure ne reproduit que la partie inférieure du microscope; comparez la Fig. 26, p. 665.

[3]) Comparez, pour le calcul de l'épaisseur de la lentille, la p. 561.

[4]) Voir la p. 287.

[5]) En supposant égaux les angles βDγ et BDλ, Huygens applique le lemme 3 de la p. 561.

[6]) Le rayon ND se dirigera après la réfraction vers le point λ, par suite de l'aberration sphé-

$ds \infty \frac{7}{6} \frac{\theta^3 x\omega}{yy \text{ in } x-y}$ Sed $x-y \infty \frac{qy}{d}$ [7]); $y \infty \frac{dx}{q+d}$ et $x \infty \frac{qy+dy}{d}$. Ex amplificatione data, eodem calculo qui pag. 90 [7]). Unde PN seu $\frac{xy}{x-y} \infty \frac{dx}{q} \infty \frac{qy+dy}{q}$.

$$s \infty \frac{7}{6} \frac{\theta^3 x\omega}{qy^3} \text{ [9])}; \theta^3 \infty \frac{6}{7} \frac{qsy^3}{x\omega} \text{ vel } \frac{6}{7} \frac{qsdy^2}{\omega q + \omega d} \text{ quia } x \infty \frac{qy+dy}{d}.$$

$$\left.\begin{array}{r} \text{PN}\left(\frac{xy}{x-y}\right) \text{ ad NE } (d) \text{ ut } \frac{dx}{q} \text{ ad } d \text{ ut } x \text{ ad } q \\ \text{BX } (h) \text{ ad DP} \infty \theta \left(\frac{y\sqrt[3]{6qs}}{\sqrt[3]{7\omega x}}\right) \end{array}\right\} \text{ compone rationes [10])}$$

$$hx \text{ ad } \frac{qy\sqrt[3]{6qs}}{\sqrt[3]{\omega}.\sqrt[3]{7x}} \text{ ut } \sqrt[3]{\omega} \text{ ad } \sqrt[3]{g} \text{ [11])}, \text{ claritas data}$$

$y \infty \frac{hx\sqrt[3]{7gx}}{q\sqrt[3]{6qs}} \infty \frac{dx}{q+d}$; $x \infty \frac{6d^3q^4s}{7g \text{ in } h^3 \text{ cub. } q+d}$; sed $y \infty \frac{dx}{q+d}$. Ergo $y \infty$ $\infty \frac{6d^4q^4s}{7g.h^3 \text{ quadr. quadr. } q+d}$ vel $y \infty \frac{6d^4s}{\frac{7g.h^3.\text{ qu. qu. } q+d}{q^4}}$, quo minor q, hoc est quo major ampliatio, eo minor fiet y.

$$\left.\begin{array}{r} s \infty \frac{1}{84} \text{ [12])}. \text{ PN } (7) \text{ ad NE } (2) \\ \text{BX} \infty h\left(\frac{1}{20}\right) \text{ ad DP} \infty \theta \left(\frac{1}{20}\right) \end{array}\right\} \text{[13])}$$

---

rique; réciproquement λD ira par DN. Si donc DK représente la route du rayon BD, on aura BDλ = NDK en vertu de la Prop. VI, p. 475.

[7]) Voir le § 21 à la p. 665. C'est donc la distance BP de l'objet à la lentille qui est représentée par x.

[8]) Puisque NMK est pris pour l'angle d'aberration; consultez les notes 1, p. 540, et 6, p. 562. ω est toujours la distance de la vision distincte évaluée à 8 pouces; voir la p. 529.

[9]) En appliquant cette formule au microscope étalon (p. 549), on a $\theta = \frac{1}{20}$, $x = \frac{7}{9}$, $y = \frac{7}{10}$, $q = \frac{2}{9}$ (p. 667); donc $s = \frac{1}{84}$.

[10]) Comparez, quant au calcul présent qui se rapporte à la clarté, le § 21 à la p. 666.

[11]) Voir la ligne 12 d'en bas à la p. 581.

[12]) Voir la note 9.

[13]) Calcul qui se rapporte à la clarté et dans lequel il s'agit de trouver la valeur de g pour le microscope étalon; comparez la p. 583.

7 ad 2 ut $\sqrt[3]{\omega(2)}$ ad $\sqrt[3]{g}\left(\frac{4}{7}\right)$; $g \infty \frac{64}{343}$; $7g \infty \frac{64}{49}$; $7gh^3 \infty \frac{64}{392000}$.

Sit $d \infty 1$. $q \infty \frac{1}{9}$ ut fit dupla ampliatio ejus quæ in noſtro. fit $y \infty \frac{7}{160}$ ut in diſquiſitione pag. 163 diopt. [1]).

$d \infty 2$; $q \infty \frac{1}{9}$; $y \infty \frac{29376}{551124}$ [2]) proximè; $y \infty \frac{1}{19}$ aut pauxillo major. Sed in altera inquiſitione fiebat $\frac{1}{23}$ circiter [3]); PN $\infty \frac{qy + dy}{q} \infty 1$ [4]); NE $\infty 2$; PE ∞ ∞ poll. 3 proximè [5]).

§ 24 [6]).

Erat $y \infty \frac{6d^4q^4s}{7gh^3 qq\ d+q}$. Sit $d + q \infty p$; $y \infty \frac{6d^4q^4s}{7gh^3p^4}$.

Si ſit datum microſcopium, dataque ejus amplificatio ad apparentiam quæ nudo oculo ex diſtantia 8 pollicum, ut ω ſive 8 ad q. Item data foci diſtantia lentis ocularis ∞d; et foci diſtantia lentis inferioris ∞y. Velim vero aliud componere microſcopium æque diſtinctæ viſionis, et æque clarum; ſed quod habeat lentis ocularis

---

[1]) Voir la p. 573, au bas.

[2]) En vérité on trouve $\frac{7000}{130321} = \frac{1}{18,617}$.

[3]) C'est-à-dire dans celle qui précède immédiatement, où $y = \frac{7}{160}$.

[4]) Plus précisément PN $= \frac{7000}{6859}$.

[5]) C'est la longueur du microscope, entre les deux lentilles.

[6]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 94 du Manuscrit II.

[7]) On aura donc $z = \frac{6m^4n^4s}{7gh^3u^4}$ et, par suite, $\left(\frac{dq}{p}\right)^4 : \left(\frac{mn}{u}\right)^4 = y : z$.

[8]) En posant PO $= y$, PB $= x$ on aura, d'après les calculs du § 21 (p. 665), $x = \frac{qy + dy}{d} =$ $= \frac{py}{d}$; on aura donc dans le cas du second microscope PB $= \frac{uz}{m}$.

[9]) La phrase est inachevée.

foci diſtantiam m, amplificet vero ſecundum rationem ω ad n. Invenitur in eo foci diſtantia lentis inferioris priori ſimilis, quam diſtantiam vocabo z [7]), ponendo $d + q \infty p$ et $m + n \infty u$ et faciendo ut ſicut qu. qu. $\frac{dq}{p}$ ad qu. qu. $\frac{mn}{u}$ ita ſit y foci diſt. ad aliam; ea enim erit quæſita z, ſive PO in invento microſcopio. Sicut autem m ad u ita erit PO ∞ z ad PB $\infty \frac{uz}{m}$ diſtantiam rei viſæ debitam [8]). Et ut n ad m ita PB $\infty \frac{uz}{m}$ ad PN $\frac{uz}{n}$. Ac proinde tota diſtantia inter utramque lentem PE $\infty \frac{uz}{n} + m$. Harum ratio eſt quod $\frac{uz}{n}$ ad $\frac{uz}{n} + m$ [ſeu] m ad $m + \frac{nmm}{uz}$ [ſeu] m ad $m + \frac{mm}{\frac{uz}{n}}$. Erunt diverſæ [9]).

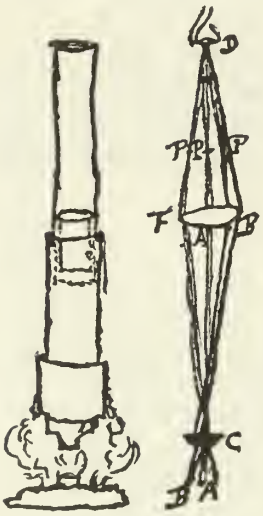
APPENDICE X

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1654—1692.]

[Varia ſur les microſcopes.] [1])

[Fig. 1.] [Fig. 2.]



§ 1 [2]).

[1654.]

Figura microſcopij cum duabus lentibus convexis.

Objecta A, B, ſunt paulo ultrà centrum uſtionis lenticulæ C. à C ad lentem F omnes radij tendentes nondum coierunt, ſed juvante lente F coeunt in P, et ibi decuſſati perveniunt ad oculum D qui poſitus eſt in eo puncto ubi coeunt radij venientes à C per lentem F [3]).

---

[1]) Sous cette suscription nous avons réuni quelques pièces qui se rapportent aux microscopes. Nous les avons arrangées chronologiquement, chaque pièce constituant un paragraphe de l'Appendice présent.

[2]) Ce paragraphe, emprunté aux p. 90—91 du Manuscrit N°. 17 (voir la p. 4 du T. XI), contient la description détaillée d'un microscope, qui, probablement, était un de ceux qui vers

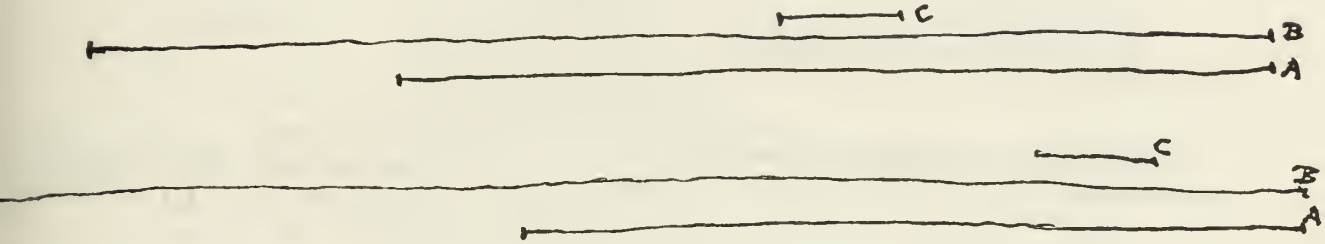
[Fig. 3.] latitudo foraminis ubi oculus applicatur.

[Fig. 4.] lens convexa aqualiter utrinq[4])

[Fig. 5.] lens convexa et ab altera parte plana.

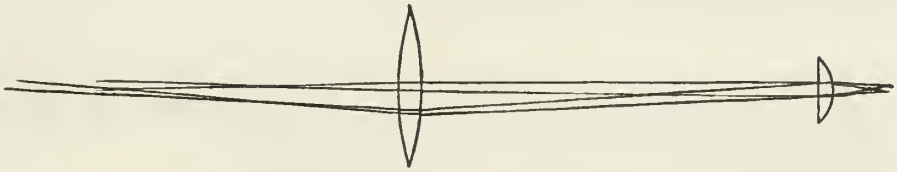
A diſtantia oculi à convexi majoris inferiori parte.
B diſtantia inferioris partis convexi majoris ab inferior[i] parte convexi minoris.
C diſtantia minoris convexi ab objecto.

[Fig. 6.]



hac poſitione majora oſtendebat quam priori ſed et obſcuriora paulo.

[Fig. 7.]



1654 et 1655 furent fabriqués par les frères Huygens et dont il est question pour la première fois dans la lettre du 26 févr. 1655 de leur père à A. Colvius (p. 318 du T. I) et ensuite aux pp. 321, 322 et 412 du T. I et de même aux pp. 95, 105 et 110 du T. II.

[3]) Consultez sur cette position de l'oeil la p. 197. Remarquons d'ailleurs que l'arrangement des lentilles dans ce microscope diffère beaucoup de celui auquel Huygens s'est arrêté plus tard et qu'on trouve décrit à la Prop. XII, Part. III, p. 527; comparez à ce propos les figures 34 et 35 de la p. 527 avec la Fig. 7 où l'on peut suivre à volonté le cours des rayons partant d'un point donné de l'objet et celui des rayons qui se croissent à un point donné de l'objectif.

[4]) On distingue encore, dans le manuscrit, les centres des deux surfaces de cette lentille, d'où il paraît que leurs rayons mesuraient 69 mM.

§ 2 [1]).

[1645.]

Vergrootglas van Wiſelius met 3 convexe glaſen [2]).

Eit object van't onderste glas. 3) ut ring, convexum.

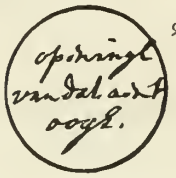
2 mael dit is tusschen Eit onderste en middelste glas. 4) plano convex.

van't middelste tot Eit glas aan't oogh. 5) even gelijck Eit onderste.

foc dist.a van't middelste. 6)

foc dist.a van't onderste en bovenste. 7)

8)



9)

opdringh van't onderste. 10)

Al de glaſen in een zelfde ſchotel geſlepen. diens radius een duym langh. Was onder met een platte kaertpapiere ſchroef om af en aen te ſetten. Vergroot ontrent 56 mael en maeckt een groot gat [11]).

---

[1]) On trouvera dans cette pièce, empruntée à la p. 96 du Manuscrit N°. 17, les mesures précises du microscope de Johann Wiessel d'Augsburg dont une description, faite par l'artisan, se trouve à la p. 310 du T. I.

[2]) Traduction: „Microscope de Wiselius à 3 verres convexes."

[3]) Distance de l'objet au verre inférieur.

[4]) Deux fois cette ligne est la distance du verre inférieur au verre intermédiaire.

[5]) Distance du verre intermédiaire à celui qui se trouve près de l'oeil, qui est égal au verre inférieur.

[6]) Distance focale du verre intermédiaire.

[7]) Distance focale du verre inférieur et du verre supérieur.

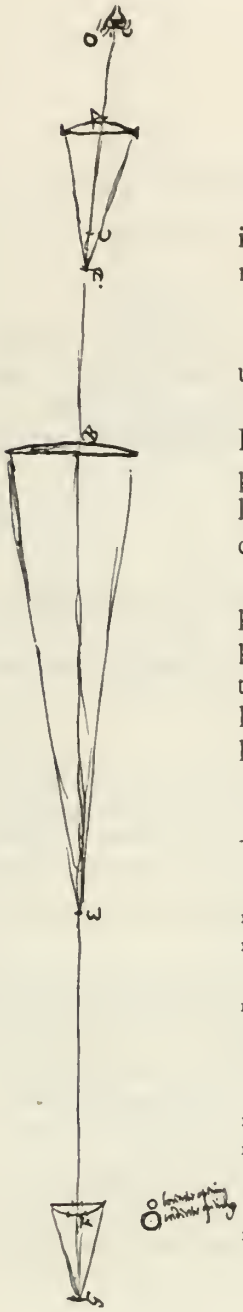
[8]) Ouverture du verre intermédiaire.

[9]) Ouverture de celui qui se trouve près de l'oeil.

[10]) Ouverture du verre inférieur.

[11]) Tous les verres sont taillés dans le même moule dont le rayon était d'un pouce [de 2,616 cM]. On trouvait en bas une vis de carton [sic] pour éloigner et rapprocher. Grossit environ 56 fois et fait un grand trou [sic].

[Fig. 8].



§ 3.

[1678.] [12])

Microſcopium ex 3 lentibus [13]) optimæ notæ. in quo nullæ maculæ lentium apparent. magnaque eſt apertura.

D [Fig. 8] [14]) focus lentis A. E focus lentis B. G paulo ultra focum lentis F. O paulo citra focum lentis A.

Radij a puncto objecti G venientes poſt refractionem lentis F tendunt ad punctum ubi eſt oculus O. quos lens B cogit ad punctum D, vel myopi ad C. Unde rurſus a lente A paralleli efficiuntur; vel myopi, quaſi circiter ex B venirent. Unde diſtincta imago apparet oculo O.

Radij à binis punctis objecti venientes ad lentem B feruntur poſtquam ſe in foramine F interſecarunt. A lente B inflexi, procul ultra O ad punctum tendunt, nempe ad terminum tertiæ proportionalis duabus FE, FB [15]). Sed occurrentes lenti A, inde coguntur ad punctum oculi O [16]). Unde tota lens A imagine objecti plena apparet [17]).

---

[12]) D'après le lieu que cette pièce occupe, p. 113 du Manuscrit E.

[13]) On peut consulter sur d'autres microscopes à 3 verres le § 2 qui précède et les pp. 412 du T. I, 264 du T. IV et 212 du T. VIII.

[14]) Sans doute la figure a été dessinée par Huygens de manière à reproduire à leur vraie grandeur les dimensions du microscope en question; mais, afin de pouvoir imprimer la figure dans le texte, nous l'avons réduite à la moitié.

[15]) Voir la Prop. XX, Liv. I, Part. I, p. 99.

[16]) Le point O où l'oeil est placé n'est donc autre que l'image du point de l'axe où se trouve l'objectif F après les réfractions par les deux lentilles B et A.

[17]) On peut consulter sur cette position de l'oeil la note 1, p. 196. Les propositions qu'on y trouve citées en dernier lieu sont les Prop. III (p. 455) et XII (p. 527).

§ 4 [1]).

[1678.]

Der bolletjes opening næ 't object moet omtrent ſijn $\frac{1}{5}$ van haer diameter [2]): d'opening nae 't oogh omtrent een halve diameter, al wat deſe grooter is als $\frac{1}{5}$, dat en maeckt niet dat meer ſeffens geſien wordt.

De vergrootingh door een bolletje is maer weijnigh meerder dan of het object ſonder bolletje ſtondt daer de ſuperficie deſzelfs te vooren ſtondt die naeſt aan 't oogh is. ſijnde d'eene vergrooting tot d'ander als 4 tegen 3, als het oogh een diameter van 't bolletje daer af ſtaet [3]). Naerder komende ſal men geen meerder

---

[1]) La pièce présente se trouve aux pp. 114 et 118 du Manuscrit E. On peut la traduire comme suit:

„L'ouverture des boulettes tournée vers l'objet doit être environ la cinquième partie de leur diamètre [2]): celle du côté de l'oeil environ un demi-diamètre. Tout ce qu'elle surpasse la cinquième partie ne contribue pas à agrandir le champ de vision.

Le grossissement par une boulette n'excède que de très peu celui qu'on obtiendrait si l'objet, sans boulette, fût placé là où se trouvait la surface de la boulette, qui est le plus près de l'oeil. En effet, le premier grossissement est au second comme 4 : 3 [3]), si l'oeil est placé à une distance de la boulette égale au diamètre. En s'approchant de la boulette on n'obtiendra pas un grossissement plus fort [4]), mais l'ouverture, c'est-à-dire le champ de vision, sera bien un peu plus étendue, en supposant que le trou reste $\frac{1}{5}$ d'un pouce [sic] comme on a dit.

L'ouverture étant telle qu'on a dit, déjà beaucoup de rayons, qui viennent d'un point de l'objet, s'égarent. Et le rétrécissement de l'ouverture du côté de l'oeil n'y peut pas porter remède, mais bien le rétrécissement de celle du côté de l'objet. Mals il est mieux d'éliminer les faux rayons en regardant par un tube vide, noirci à l'intérieur [5]).

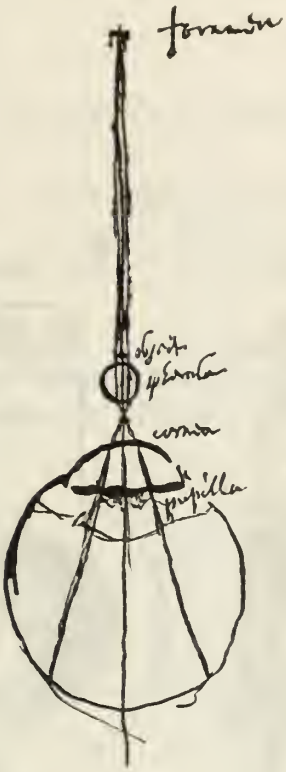
Noir de fumée au feu. De même pour noircir l'intérieur des tubes. Chandelles à camphre".

[2]) Comparez la p. 68 du T. VIII, où la même mesure est indiquée par Hartsoeker.

[3]) En effet, d'après ce qui est exposé dans l'alinéa qui commence à la p. 517, l'objet CE (voir la fig. 31 de cette p. 517) est vu à travers la boulette en même grandeur qu'il aurait pour un oeil nu placé au point K, et cette grandeur est donc à celle sous laquelle l'objet placé en A serait vu du point L comme AL à KC, c'est-à-dire comme 4 à 3.

[4]) D'après la Prop. XIII, Liv. II, Part. I, p. 233.

[Fig. 9.]



vergrooting verkrijgen [4]), maer wel wat grootere opening of campo; blijvende het gaetje van $\frac{1}{5}$ duijm als geſeght is.

d'openinghe ſijnde als geſeght is ſoo loopen al veel radij valſch van die uit een punctum objecti komen, en het verminderen van d'openingh nae 't oogh en kan dat niet helpen, maer wel van die naer 't object, doch het is beter de valſche radij te beſnoeijen met het ſien door een leeghe buis van binnen ſwart [5]).

Swartſel in 't vier. Idem om buijſen van binnen te ſwarten. Campher keerſſen.

---

foramen quantumvis exiguum eundem campum aperit [6]).

---

[5]) Consultez sur la manière dont le tube est appliqué la figure à côté. Comme on le voit, la lumière passe par le tube avant d'atteindre l'objet transparent, qu'elle parcourt sans que le parallélisme des rayons soit sensiblement dérangé, pour traverser ensuite la boulette et entrer dans l'oeil. Vers le même temps, car les figures se suivent de très près au Manuscrit E, Huygens inventa un autre artifice représenté au § 5 qui suit, où l'on voit comment, à l'aide d'une lentille, la lumière d'une chandelle placée à quelque distance est concentrée sur l'objet par lequel elle passe avant d'entrer dans la boulette.

[6]) C'est-à-dire, à cause des petites dimensions de l'objet qu'on doit éclairer. Dans la figure on voit les rayons qui atteignent les limites du champ sur la rétine.

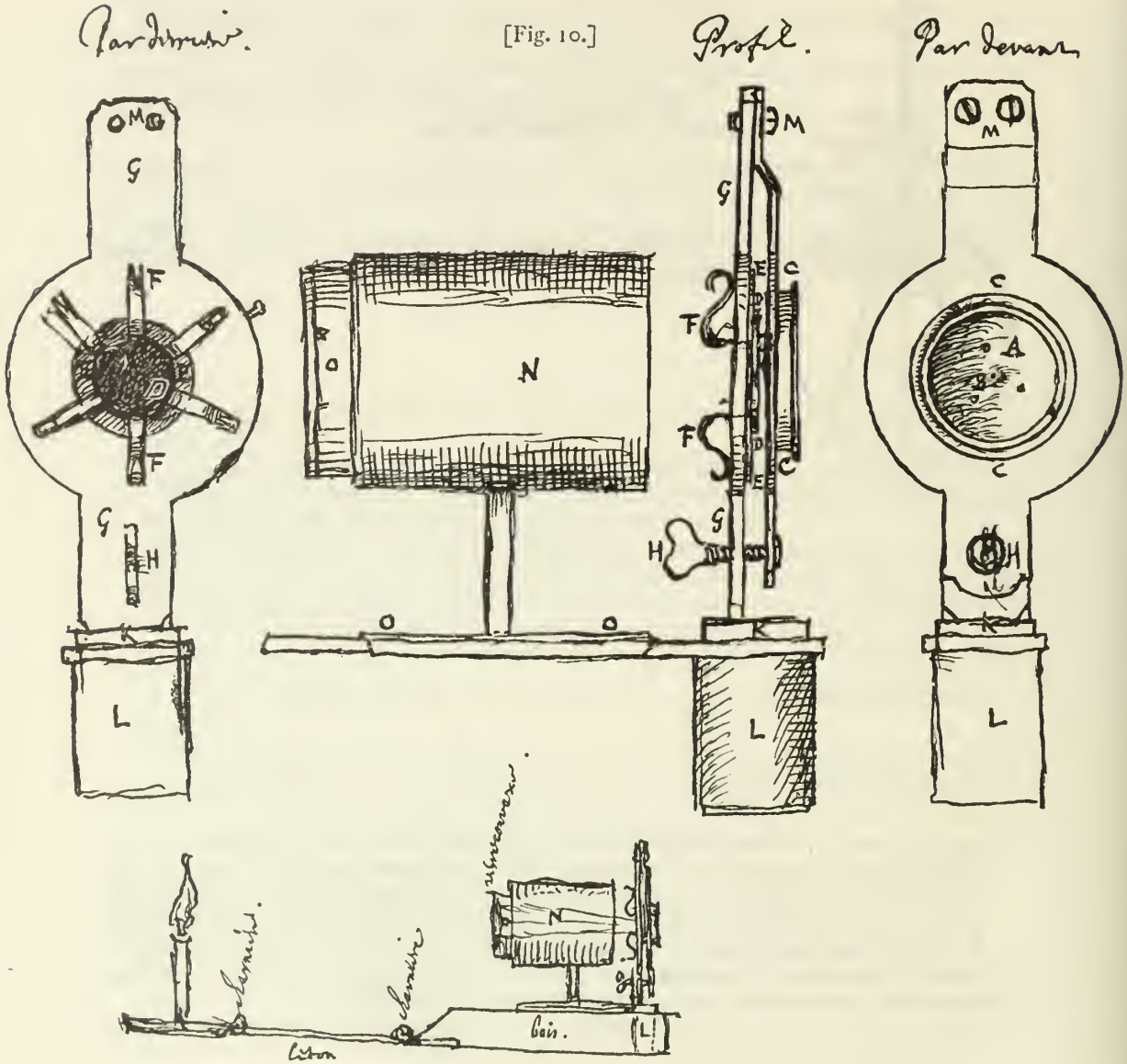
§ 5 [1]).

1678.

Machine pour les Microfcopes dans lesquels on n'employe qu'une petite boule de verre.

Inventè a la Haye le . . . Maj. 1678.

[Fig. 10.]



§ 6.

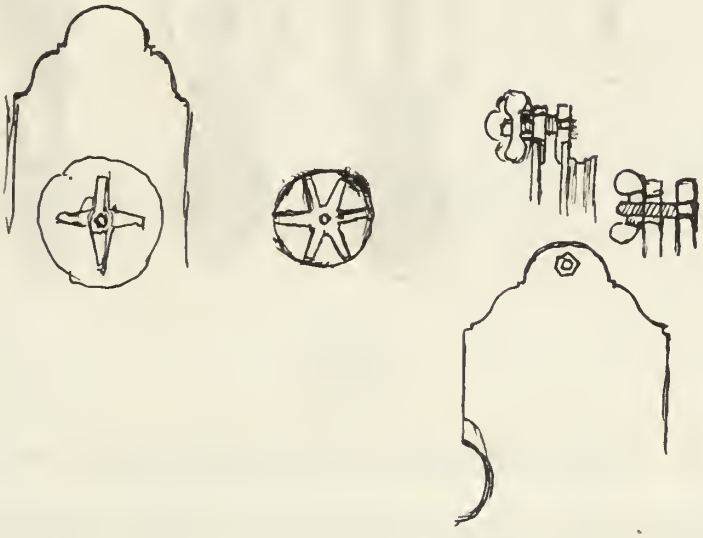
[1678.]

[Détails ſur les microſcopes employés en 1678.]

I [2]).

adjouter des pièces. vis de fer, platine et goupille. goupille de fer. forcer. plaques paralleles et un peu plus écartées.

[Fig. 11.]



Reſſort en eſtoile de c[uivre]. Sur une platine ronde. Un eſcrou pour bander ce reſſort.

Echancrures des deux coſtez.

Ouvrir le trou vis a vis du centre du reſſort en eſtoile. afin de pouvoir oſter la roue.

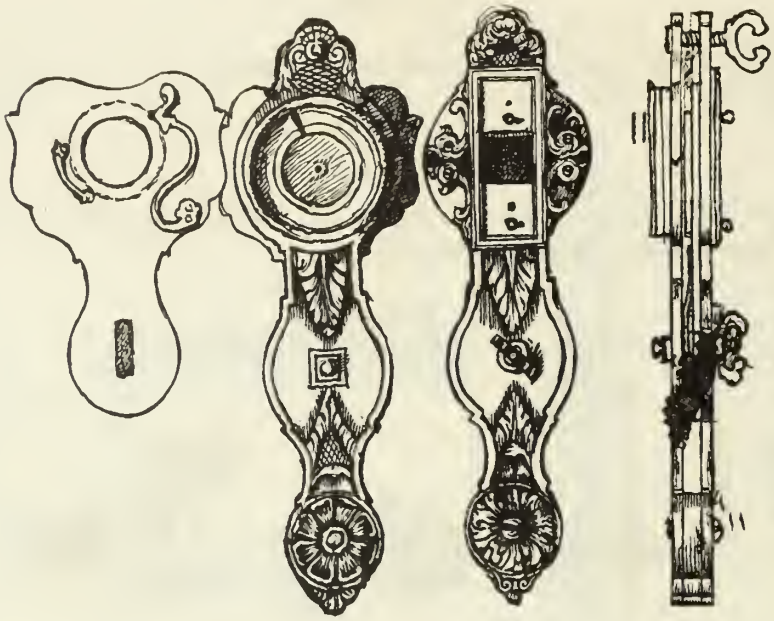
---

[1]) La pièce est empruntée à la p. 119 du Manuscrit E.

[2]) Cette annotation se rencontre à la p. 149 du Manuscrit E.

II [1]).

[Fig. 12.]



III [2]).

AA [Fig. 13] rond mobile avec deux oreilles relevees pour le pouvoir remuer.

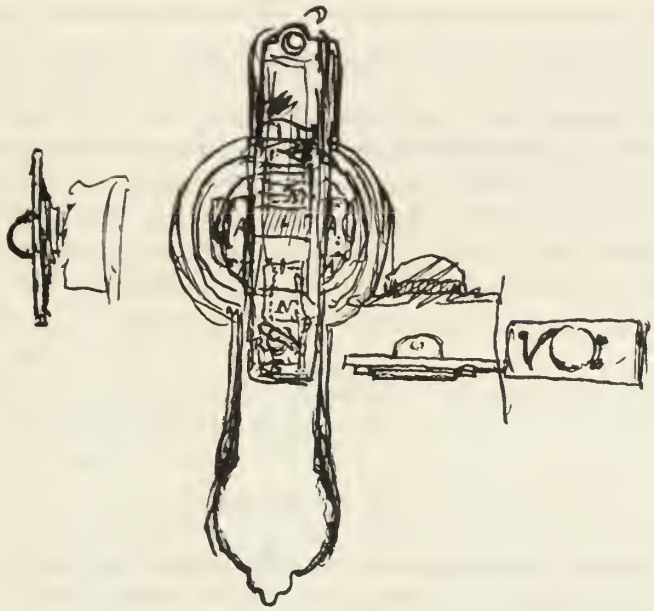
de l'autre coſtè de ce rond on coule entre les rainures une plaque mince de cette forme ſur laquelle on attache le verre qui porte l'objet. lequel verre eſt tournè du coſtè de la lentille.

afin que la plaque ronde AA ſe puiſſe mouvoir en tout ſens, elle eſt tenue et

[1]) Le dessin est emprunté à la p. 161 du Manuscrit E. La même page en contient un autre qu'il n'est pas nécessaire de reproduire parce qu'on le trouvera vis-à-vis de la p. 113 du T. VIII, qui en contient l'explication.

[2]) La pièce est empruntée à la p. 163 du Manuscrit E.

[Fig. 13.]



preſſèe par 2 reſſorts NN, attachez en dedans a la pièce BB qui fait le derriere du microſcope. D eſt la vis qui joint cette piece a l'autre de devant.

R eſt la vis qui approche et recule ces 2 pieces pour mettre l'object à ſa due diſtance.

§ 7 [3]).

[1678.]

manier om de glaeſe bolletjes in te ſetten.

dun koper gegloeyt geſneden 2 vierkanten aen malkander. op hout met een houten hamertie plat geklopt. met een naelde een gaetje geklopt in 't eene vierkantie, van binnen naer buyten, dan het plaetje toegeklopt, en door 't gemaeckte

[3]) La pièce est empruntée à la p. 127 du Manuscrit E et doit dater de 1678 d'après le lieu qu'elle occupe. On peut la comparer à la description plus succincte de la p. 521. En voici la traduction:

Manière d'enchâsser les boulettes de verre.

Rougissez au feu du cuivre mince. Coupez deux carrés attachés l'un à l'autre et aplatissez les sur du bois avec un petit marteau en bois. Frappez à l'aide d'une aiguille un petit trou

gaetje het ander een weynigh ingeklopt. dan de plaetjes half open gebogen en 't laetſte gaetje wat grooter gemaekt met de naelde. het eene gaetje dat naer 't objeƈt gekeert moet ſijn, moet omtrent maer $\frac{2}{5}$ van den diameter van 't bolletje ſijn. dan 't plaetje wederom open gebogen. met een ſlijpſteentie rondom de gaetjes dun geſlepen. Het bolletie ingeleght, en toegenepen tuſſchen een handſchroef. dan rondom het bolletie 3 gaetjes met een naelde door 't koper geſteken, en ſpellen daer door: onder en boven kort aſgeſneden, en op een aanbeeltie geklonken. dan het plaetje op een ſeemleer geleght en een weynigh rond uytgeſet nae d'eene ſyde, op dat het glaeſje dicht aen 't objeƈt kome.

§ 8 [1]).

[1678.]

Pour l'uſage du microſcope [2]).

1. les objects qu'on veut voir par ce microſcope doivent eſtre tres petits et aucunement tranſparents. Une puce ou un pous ſont trop grands, et meſme preſque les mites du fromage.

2. les objeƈts propres [3]) ſont les petits animaux qui vienent dans l'eau ou l'on aura laiſſer tremper du poivre par 5 ou 6 jours. les poudres jaunes qu'on trouve dans preſque toutes les fleurs. la poudre qui couvre les aiſles des papillons blancs. des brins de cheveux de laine, ſoye, eſponge. plumes.

---

dans l'un des deux carrés, du dedans au dehors. Repliez ensuite la lame en deux à coups de marteau, et enfoncez un peu, à travers le trou que l'on a fait, l'autre moitié de la lame. Écartez ensuite les deux parties de la lame d'un angle droit et agrandissez un peu le dernier trou avec l'aiguille. Celui des trous qui doit être tourné vers l'objet doit avoir pour diamètre seulement environ les $\frac{2}{5}$ du diamètre de la boulette. Puis dépliez de nouveau la lame. Amincissez le cuivre autour des deux trous avec une petite pierre à aiguiser. Mettez la boulette en place entre les trous et serrez fortement les deux parties de la lame l'une contre l'autre à l'aide d'une vis à main. Faites ensuite autour de la boulette trois petits trous dans le cuivre avec une aiguille et mettez dans ces trous des morceaux d'épingles dont on a coupé les deux bouts et rivez les sur une petite enclume. Placez la lame sur une pièce de cuir de chamois et donnez lui une forme légèrement convexe pour que la boulette puisse être approchée de l'objet de fort près.

[1]) La pièce est empruntée à la p. 178 du Manuscrit E. D'après le lieu où elle se trouve elle doit dater de 1678.

[2]) Il s'agit sans doute d'un microscope à boulettes et probablement d'un de ceux à l'arrangement desquels Huygens, Römer et Hartsoeker avaient contribué (voir la p. 112 du T. VIII) et dont on trouve décrite à la p. 113 du T. VIII la forme à laquelle on s'était arrêté; voir la note 5 de la p. 521.

3. pour mettre un object ſur le verre qui eſt pour cela on fait ſortir ce verre avec la plaque qui le porte a coſtè hors des autres plaques et il faut en meſme temps eloigner un peu les plaques par le moyen de la vis d'en haut, afin qu'en faiſant rentrer la plaque mobile entre les deux autres ni l'object ni le verre qui le porte ne vienent pas à froller contre la lentille. Apres qu'on a fait rentrer cette plaque mobile avec l'object, il faut oſter le tambour percè [4]), pour voir ſi l'object eſt directement devant la lentille, et n'y eſtant pas, il faut remuer la plaque mobile juſqu'a ce qu'il s'y trouve vis a vis. Puis l'on remettra le tambour, et en regardant par le microſcope on tournera doucement la vis [5]) d'une main pour approcher l'object à ſa juſte diſtance de la lentille, ce que l'on jugera par la repreſentation diſtincte. Et en remuant doucement la plaque mobile on verra les differentes parties de l'object.

4. Il faut bien prendre garde de quel coſtè ſe doit tourner la vis pour approcher l'object de la lentille, ou pour l'en eloigner, parce que ſi l'on s'y meprend, on court riſque de faire toucher la lentille contre le verre qui porte l'object, ce qui la bleſſe et la gaſte.

5. l'on ne verra pas bien ſi la petite lentille n'eſt fort nette et pour le connoiſtre il faut la regarder eſtant dans le microſcope que l'on tournera contre le jour ſans y mettre d'object ou apres avoir detournè la plaque mobile qui porte le verre ou eſt l'object, le tambour trouè demeurant appliquè. s'il paroit alors des nuages a l'oeil, c'eſt que la lentille eſt ſale, et il faut l'oſter avec le cercle qui la porte et l'eſſuier des deux coſtez avec du chamois ou du linge blanc, mais le chamois vaut mieux. Lors qu'on remettra ce cercle au microſcope il eſt bon que le verre ou eſt l'object ſoit detournè hors des deux plaques, afin que la lentille ne viene point a toucher a ce verre ou a la feuille de talc qui le couvre lors qu'on preſſera ſur le cercle de la lentille pour le faire entrer.

6. En regardant par le microſcope il faut approcher l'oeil le plus pres qu'on peut, parce que cela fait voir plus de parties de l'object a la fois.

Il vaut beaucoup mieux de regarder contre une feneſtre ouverte qu'a travers les vitres qui oſtent beaucoup de la clartè du jour.

7. L'on fait gliſſer plus ou moins doucement la plaque mobile par le moyen du petit rond ou il y a un petit bouton deſſus pour le pouvoir tourner.

---

[3]) Comparez sur ces objets les p. 523—527.

[4]) C'est le disque C de la Fig. de la p. 99 du T. VIII, qu'on retrouve dans la Fig. 2 de la p. 113 du T. VIII; mais dans cette dernière figure le tambour est percé par un grand trou X, ce qui permet de voir si l'objet se trouve devant la lentille sans enlever le tambour. Plus tard Huygens a remplacé ce tambour par les deux „platines quarrées" de la Fig. de la p. 123 du T. VIII.

[5]) La vis M de la p. 113 du T. VIII.

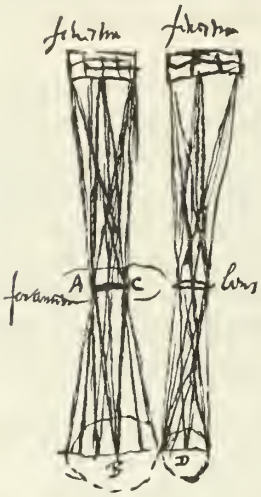
§ 9 [1]).

[1684.] [2])

Maniere d'eclairer les objets au microſcope compoſè tant au jour qu'a la chandelle par le moyen d'un planoconvex [3]), ayant la convexitè un tiers de circonférence et de matiere claire. raiſon pourquoy il eclaire ſi bien, que la grandeur n'importe guère. On pourrait le faire hyperbolique ou a peu pres [4]).

Maniere d'eclairer l'objet au microſcope ſimple, avec un petit convexe au trou qui admet la lumiere [5]); pourquoy et combien cela eclaire plus pendant le jour que le ſimple jour de la feneſtre eloignèe. autre raiſon dans cette figure a coſtè. que c'eſt d'autant plus que ce trou eſt plus grand que l'image de la fenetre qu'il forme a l'endroit de l'objet. Et le ſoir d'autant que le meſme trou eſt plus grand que l'image de la chandelle qui ſe forme ſur l'objet; et cette difference eſtant grande, on appercoit icy un plus grand accroiſſement de clartè.

[Fig. 14].



Per foramen AC quadruplum ſpatium illuſtratur eadem quantitate lucis ac per lentem [6]). Ergo quadruplo major obſcuritas, ſed tamen non in medio ubi objectum; ſi modo feneſtra tam late pateat ut impleat angulum ABC.

Sed hæc latitudo feneſtræ non requiritur cum lens convexa in foramine collocatur, ſed particula feneſtræ ſufficit.

quantum debeat eſſe foramen ratione diſtantiæ.

Oculi pupilla conſideretur in B cum latitudine. Rurſus eadem in D, ſed ibi latitudo nihil facit.

Objet attachè ſur une feuille de talc.

---

[1]) Ce paragraphe se rapporte à la question de l'éclairage des objets sous le microscope simple et sous le microscope composé.

[2]) D'après le lieu qu'il occupe, p. 186 du Manuscrit F.

[3]) Comparez la Fig. 4 du § 2 de l'Appendice VIII, p. 624, où l'éclairage en question se fait par une lentille biconvexe et consultez en outre le § 12, p. 694 qui suit.

[4]) Pour concentrer d'autant mieux la lumière. Consultez p. e. la p. 331.

[5]) Comparez la p. 521, et surtout la note 6 de cette page.

[6]) C'est-à-dire dans le cas spécial représenté par les deux figures.

[Fig. 15.] [Fig. 16.]

§ 10 [7]).

[1684.] [8])

Incommodum quod tam subtile discrimen distantiæ in maxima amplificatione, ut cum jacentis pili supremam superficiem distincte conspicis [9]) media quod circa latera est obtuse sese offerat. hoc etiam summum illud augmentum expetere vetat.

La lentille de double foier d'une autre souffre double diametre d'ouverture [10]). Ergo recoit autant de raions de chaque point de l'objet. faites la mesme etendue de l'image de l'objet au fond de l'oeil, cet objet paroitra egalement clair avec une mesme grandeur. mais il faudra environ le mesme oculaire [11]) et pour cela l'aberration de laquelle il

---

[7]) Ce paragraphe traite l'inconvénient qui se montre dans les grossissements très forts et qui consiste en ce que la couche de l'objet qu'on voit d'une manière distincte par le microscope devient extrêmement mince. La cause en est montrée dans les figures où DE représente l'épaisseur de l'objet et PR et TV la distance des images de D et E telles qu'elles sont formées par les objectifs C et K. À cet égard Huygens compare deux microscopes différents choisis de manière que les distances focales des objectifs sont dans le rapport de 1 à 2. Consultez encore sur le même inconvénient les lettres au frère Constantijn du 6 avril et du 11 mai 1668, aux pp. 206 et 213 du T. VI, et la note 3 de la p. 543 du Tome présent.

[8]) D'après le lieu que le texte occupe, p. 186 et 187 du Manuscrit F.

[9]) Leçon alternative: „acute cernis".

[10]) Voir le § 2 de l'Appendice VIII à la p. 625. Mais la conclusion n'est juste que dans le cas du microscope simple et nous montrerons dans la note 3 de la p. 688 qui suit que les aberrations chromatique et sphérique sont plus grandes dans le microscope le plus long.

[11]) La distance focale des oculaires doit être absolument égale dans les deux cas; cela résulte des calculs qu'on trouve vers la fin de ce paragraphe et plus facilement encore par la Prop. XII à la p. 529, d'après laquelle, en repré-

s'agit ſera auſſi egale, puiſque VT, PR ſont fort pres egales [1]). donc il n'y a rien a gagner pour avoir une diſtinction avec profondeur. ſi ce n'est que les lentilles objectives ſont plus parfaitement formees eſtant plus grandes.

Il y aurait meſme a perdre quelque peu, parce que KN doit eſtre double icy de CM pour faire NG ∞ MH et pourtant VN eſt égale à PM, mais en recompenſe l'oeil en Z verra plus grand un peu qu'en X, parce que ZN ſera plus courte que XM.

Je trouve que l'un recompenſe juſtement l'autre [2]). C'eſt a dire qu'en prenant les oculaires N et M de meſme foier, la multiplication ſera la meſme, et meſme avantage pour la difference des diſtances DE [3]). Ergo il y a l'avantage entier de ce que les grandes lentilles ſe travaillent mieux et ſe font plus parfaites que les petites.

$$\mathrm{DO}(a) \text{ ad } \mathrm{DC}(b) \text{ ut } \mathrm{DC}(b) \text{ ad } \mathrm{DP}\left(\frac{bb}{a}\right)$$

$$\mathrm{EO}(a+d) \text{ ad } \mathrm{EC}(d+b) \text{ ut } \mathrm{EC}(d+b) \text{ ad } \mathrm{ER}\left(\frac{dd+2db+bb}{d+a}\right)$$

$$\begin{array}{rl} \mathrm{DE} & d \\ \hline \mathrm{DR} & \dfrac{2db+bb-ad}{d+a} \\ \mathrm{ex\ DP} & \dfrac{bb}{a} \\ \hline \mathrm{RP} & \dfrac{dbb-2dba+aad}{ad+aa} \end{array}$$

[DQ ∞ $2a$, DK ∞ $2b$]

$$\mathrm{TV}\ \frac{2bbd-4adb+2aad}{ad+2aa} \quad \Big| \Big| \quad \frac{dbb-2dba+aad}{ad+aa}\ \mathrm{PR}$$

$$2bbdd-4addb+2aadd+2bbda-4bdaa+2a^3d \quad \Big| \Big| \quad ddbb-2ddba+aadd+ +2adbb-4aadb+2a^3d.$$

---

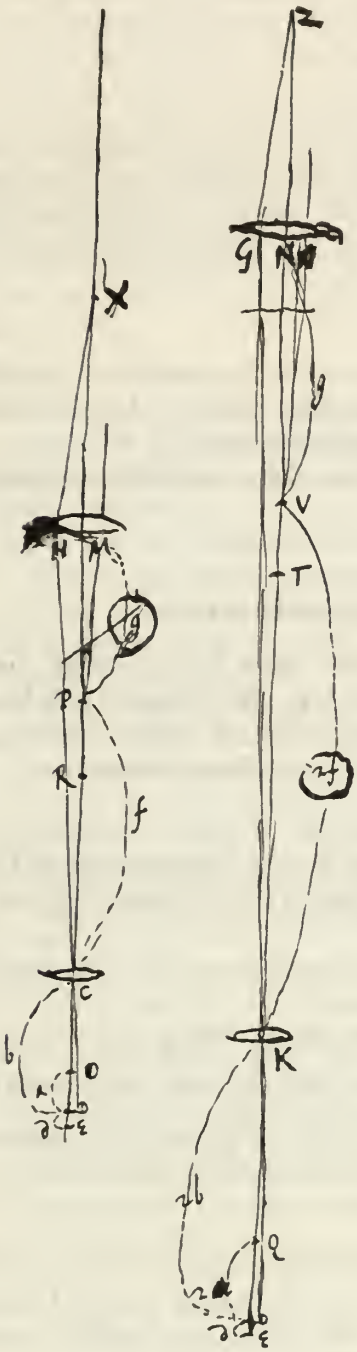
sentant par ω la distance de la vue distincte, le grossissement du premier microscope sera mesuré par $\frac{\mathrm{CP}}{\mathrm{PM}} \times \frac{\omega}{\mathrm{DC}}$ et celui du deuxième par $\frac{\mathrm{KV}}{\mathrm{VN}} \times \frac{\omega}{\mathrm{DK}}$; or, puisqu'on a $\mathrm{KV} = 2\,\mathrm{CP}$ et $\mathrm{DK} = 2\,\mathrm{DC}$ l'égalité du grossissement exige $\mathrm{VN} = \mathrm{PM}$.

[1]) Voir les calculs.

[2]) Voir les derniers calculs de ce paragraphe.

[3]) En vérité VT est un peu plus grande que RP puisqu'on a, d'après les calculs qui suivent, $\mathrm{TV} - \mathrm{PR} = (a-b)^2 d^2 : a(d+2a)(d+a)$; il y a donc un désavantage très léger du côté du microscope plus long. De plus, dans ce microscope, l'angle de l'aberration chromatique sera à peu près doublé, comme cela résulte facilement de sa valeur approximative qu'on trouve dans la note 4, p. 554, et de même par l'application de la formule $\frac{\delta a}{c} + \frac{\delta c}{b}$ du § 3 de l'Appendice VIII (p. 626), où l'on a, en se rapportant à la Fig. 15, $a = \mathrm{DC}$, $c = \mathrm{CP}$, $b = \mathrm{PM}$. Dans cette formule δ représente le même angle pour les deux microscopes, le rapport

[Fig. 15.] [Fig. 16.]



hæc proximè æqualia quia ſi diviſiſſem per d, fuiſſent utrobique æqualia in quibus nullum amplius d. Reliqua vero horum reſpectu infinite parva quia ducta in d unum, quod infinitè parvum reſpectu a et b.

---

poſita NV ∞ MP, et VK ∞ 2PC quænam erit proport. ZN ad XM.

[CP] f ad [CM] $f+g$ ut [CM] $f+g$

$$\text{ad } \frac{ff+2fg+gg}{f} \text{ CX } ^{4)} \Big\} \text{ f[ubt.]}$$

$$\frac{f+g \quad \text{CM}}{\frac{fg+gg}{f} \text{ MX}}$$

[KV ∞ $2f$; VN ∞ g] $\frac{2fg+gg}{2f}$ NZ [5])

NZ ad MX ut $2f+g$ ad $2f+2g$

---

ijſdem poſitis, quænam erit ratio NG ad MH?

ſit MH ∞ l.CM $(f+g)$ ad MH (l) ut KN $(2f+g)$ ad 2NG $\left(\frac{2fl+gl}{f+g}\right)$ hujus cape dimid. quia ∠NKG ∞ $\frac{1}{2}$ MCH.

GN $\left(\frac{2fl+gl}{2f+2g}\right)$ ad MH (l) ut $2f+g$ ad $2f+$ $+2g$. meſme raiſon [6]).

---

de DC : CP ne change pas, mais celui de CP à PM est double dans le microscope plus long. Enfin on voit, à l'aide de la formule déduite dans la note 5 de la p. 562, que de même l'aberration sphérique y est à peu près doublée.

[4]) Puisque le point X correspond au point C par rapport à la lentille HM.

[5]) Nous supprimons les calculs qui ont amené ce résultat. Ils sont conformes à ceux qui ont donné MX.

[6]) Huygens veut dire que, puisque GN : MH = NZ : MX, il en résulte l'égalité des angles GZN et HXM, c'est-à-dire l'égalité des grandeurs apparentes d'un même objet placé successivement aux points D dans les deux microscopes, dont, par conséquent, les grossissements sont égaux.

§ 11 [1]).

[1690.]

de ſpherularum microſcopio. quare aperturam tantam ferat. fac paulo majores, et apertura arcta, lucem ſolis a latere immitte. quæ enim objecta in omnes partes radios emittunt ea magnam aperturam lenticulæ non ferunt. nunc minutiæ illæ quæ microſcopijs hujusmodi inspiciuntur radios falſos transmittere prohibentur propter foramen post ſphærulam adjectum [2]).

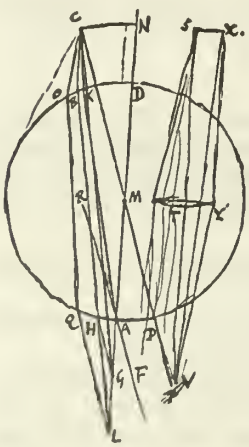
Si tertia addatur lens ſupra B [3]) faciendum tamen ut radij a puncto oculi egreſſi trajectis duabus lentibus conveniant ad punctum medium lenticulæ A. quod tunc fiet cum tota lens ſuperior imagine rei viſæ plena animadvertetur [4]).

hoc pacto major quidem angulus viſorius redditur, ſed et nonnihil lucis perdi neceſſe eſt ex reflexionibus et materia lentis tertiæ.

De foramine inter lenticulam et lumen [5]).

Eo fieri ut ipſa lenticula aperturam quantamlibet latam ferat. quoniam non radiat viſibile. Sed cum lumen deſuper viſibile illuſtrat, tunc radios ad totæ lenticulæ ſuperficiem emittit, qui tunc circa margines coercendi, arctata apertura, quia non ſatis exacte paralleli fierent. ideoque viſionem confusam habéremus.

[Fig. 17.]



AD diam. [6]) producta ad N et L, in qua oculus ad G, centrum M. MN ſeſquialtera MD, NC arcus centro M deſcriptus [7]).

Sit AL ∞ AM radio. C eſt punctum rei visæ. CB parall. NML.

BHL eſt refractio CB, quia DL ad LM ut 3 ad 2 [8]). Sit AG ∞ $\frac{1}{2}$ AM. ideoque æqu. DN. Erit HG refractio BH.

Ergo oculus in G videt C in H. adeoque NC apparet in ang.° HGA. quem dico eſſe duplum anguli CGN, quo ang.° ſpectaretur oculo nudo.

Eſt enim ang. HGA duplus HLA quia AG ∞ $\frac{1}{2}$ AL cenſetur. Sed ang.° HLA hoc eſt BLD eſt æqualis CGN, quia CB æqualis cenſetur ND, ideoque et ipſi GL, unde BL, CG parallelæ. Itaque et ang. HGA duplus CGN.

Oculus in G aut L aut A ſtatuatur, aut ubivis inter hæc puncta, eodem ſemper ang.° conſpiciet lineam NC [9]). ducatur enim per centrum recta CMP. Itaque cum MC ſit ſemidiametri ſeſquialtera, erit C focus parallelorum axi PMC in ſuperficiem HAP incidentium atque idcirco viciſſim radij ex C puncto egreſſi ut CK CB, CO, penetrata ſphæra efficientur paralleli axi CP. incedentque per AF, HG, QL; quare æquales erunt ang.i HGA, QLA, quibus ſpectatur NC poſito oculo in G et in L. ut vero admota pupilla ad punctum A quod eſt in ſphæræ ſuperficie, non percipiatur punctum C tanquam in recta AK, ſed tanquam in AR, quæ eſt producta FA: quia radius KA, excedens ſphæram in A, refrangitur per AF quæ erat parall. ipſius HG, QL. unde patet in punctis L, G, A eodem ang.° cerni NC.

---

lenticula TY foci diſtantiam habens TS ∞ MN, pari effectu auget viſibile in S poſitum, oculo in V. Et præferenda eſt globulo quia triplo magis diſtat a viſibili, quod commodius.

Sed ſi lucem immittere deſuper poſtules, arctanda multum eſt apertura.

Globuli parabiles levi negotio. quomodo [10])

Oculum quo propius admovebis eo melius quia minor refractio radij et manet idem angulus objecti in oculo.

Idem in lenticula TY.

Oportet eſſe ang. FAG ad CAN ut 5 ad 3 [11]).

---

[1]) Ce paragraphe contient quelques annotations qui d'après le lieu qu'elles occupent, aux pp. 33, 37, 127 et 128 du Manuscrit G doivent dater de l'année 1690.

[2]) Comparez à propos de cette annotation la p. 521 du Tome présent, et, de plus, ce qui suit quelques lignes plus bas.

[3]) Voir les fig. 34 et 35, p. 527, qui ne diffèrent pas essentiellement de celles qui accompagnent cette annotation. Consultez d'ailleurs sur un tel microscope à trois lentilles le § 3 qui précède, p. 677.

[4]) Voir la note 17 de la p. 677.

[5]) Voir à ce sujet la p. 521 et surtout la note 6 de cette page.

[6]) Consultez sur la portée de ce qui suit les p. 517—519 du Tome présent.

[7]) N et G sont les foyers de la boulette; voir la Prop. XIII, Liv. I, Part. I, p. 79.

[8]) Voir la Prop. VIII, Liv. I, Part. I, p. 33.

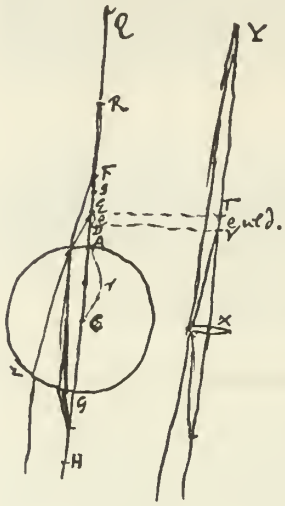
[9]) Cette égalité est une conséquence immédiate de la Prop. XIII, Liv. II, Part. I, p. 233, que Huygens ne connaissait donc pas encore, puisqu'il va donner une démonstration indépendante de cette égalité. Mais il ne semble pas improbable que c'est justement cette démonstration qui lui a suggéré le théorème en question.

[10]) Voir la Prop. XI, p. 521.

[11]) Posant $CN = BD = \delta$, $MD = r$, on aura $\angle CAN = \delta : \frac{5}{2} r$. Mais alors $HA = \frac{1}{3}\delta$, donc $\angle FAG = \angle HGA = \frac{1}{3}\delta : \frac{1}{2} r$ et $FAG : CAN = 5 : 3$. Toutefois Huygens va donner une autre démonstration; voir la page qui suit.

KAD ad KWD [1]), ſeu KWN, ut 2 ad 1
CWN ad CAN ut 5 ad 9
KAD ad CAN ut 10 ad 9 [2])
GAF ad KAD ut 3 ad 2 [3])
GAF ad CAN ut 30 ad 18 ſeu 15 ad 9
GAF ad CAN ut 15 ad 9 [4])
CAN ad CGN ut 6 ad 5
GAF ad CGN ut 2 ad 1
ſed HGA ad CGN ut 2 ad 1 [5])
GAF ∞ HGA [6]).

[Fig. 18].



R focus parall.orum in ſuperf. A cadentium. F focus parall.orum in ſuperf. G cadentium.

AC ∞ r, AF ∞ r [7]), AE ∞ $\frac{1}{2}r$ [8]), AR ∞ $2r$ [9]), ED ∞ e [10]). Ex demonſtratis pag. 37 [11]), conſtat præſtare uſum lenticulæ X præ globulo AG propter majorem eoque commodiorem diſtantiam rei viſæ à lenticula, cum utrobique eadem ſit amplificatio; nempe in duplum [12]). Hic examinare volui an in eo quoque præſtaret Lenticula quod majorem diſtantiam punctorum viſorum T, V, facilius ferret quam ſphærula AG [13]) ſed vix quicquam hac parte exuperat [14]).

---

[1]) Le point W (il y avait O dans le manuscrit, mais cela amènerait un double emploi de cette lettre), qui n'est pas indiqué dans la figure, est le point qui, par rapport à la surface OBKD, correspond au point A, c'est-à-dire le point vers lequel des rayons venant du côté N devraient être dirigés, afin que, après leur réfraction par la surface OBKD, ils se réunissent au point A. Ce point W se trouve donc, d'après la Prop. XII, Liv. I, Part. I, p. 41, à une distance AW $= 2r$ au-dessous du point A et le rayon CK est supposé avoir été tiré dans la direction de ce point.

[2]) En posant CN $= \delta$ on trouvera KD $= \frac{8}{9}\delta$, puisque NW $= 4\frac{1}{2}r$ et DW $= 4r$; on a donc $\angle$KAD $= \frac{8}{9}\delta : 2r$ et $\angle$CAN $= \delta : 2\frac{1}{2}r$.

[3]) À cause de la réfraction du rayon KA à la surface QHAP.

[4]) Ce qui va suivre constitue une vérification du résultat obtenu par le raisonnement qui précède.

[5]) Puisque HA $= \frac{1}{3}$CN et GA $= \frac{1}{6}$GN.

[6]) Résultat prévu d'avance et qui garantit donc la justesse de la proportion $\angle$GAF : $\angle$CAN $=$ $= 15 : 9$.

[7]) Prop. VIII, Liv. I, Part. I, p. 33.

[8]) Prop. XIII, Liv. I, Part. I, p. 79. E est le foyer de la boulette.

[9]) Prop. IX. Liv. I, Part. I, p. 35.

[10]) ED est l'épaisseur de l'objet.

[11]) Voir l'annotation qui précède.

$$\mathrm{ER} \propto \tfrac{3}{2}r.\ \mathrm{DR}\left(\tfrac{3}{2}r+e\right) \text{ ad } \mathrm{DA}\left(\tfrac{1}{2}r-e\right) \text{ ut } \mathrm{DC}\left(\tfrac{3}{2}r-e\right)$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{ad DS}\ ^{15)} & \dfrac{\frac{3}{4}rr-2re+ee\ ^{16)}}{\frac{3}{2}r+e} \\ \text{DA} & \dfrac{\frac{1}{2}r-e}{} \\ \hline \text{AS} & \dfrac{\frac{3}{2}rr-3re\ ^{16)}}{\frac{3}{2}r+e} \end{array}\right\} \text{ad[de]}$$

$$\mathrm{SF}\left(\frac{4re}{\frac{3}{2}r+e}\right) \text{ ad } \mathrm{SG}\left(\frac{\frac{9}{2}rr-re}{\frac{3}{2}r+e}\right) \text{ ut } \mathrm{SC}\left(\frac{3rr-2re}{\frac{3}{2}r+e}\right)^{16)}$$

$$\text{ad SQ}\ ^{17)}\left(\frac{\frac{27}{2}r^4-12r^3e-2rree}{6rre+4ree}\right)^{18)}$$

$$\mathrm{VT}\ (e) \text{ ad } \mathrm{VX}\left(\tfrac{3}{2}r-e\right) \text{ ut } \mathrm{VX}\left(\tfrac{3}{2}r-e\right) \text{ ad VY}\ ^{19)}\left(\frac{\frac{9}{4}rr-3re+ee}{e}\right)^{16)}$$

---

[12]) C'est-à-dire en plaçant l'oeil successivement aux points G et V de la Fig. 17 (p. 690), puisque dans cette figure $\angle HGA = 2\angle CGN$ et, de même, $\angle YVT = 2\angle XVS$.

[13]) Consultez à ce propos le § 10 qui précède.

[14]) Voir la note 2, p. 694, d'où il s'ensuit quelle aurait été cette conclusion si une erreur de calcul n'eut pas été commise dans ce qui suit.

[15]) Prop. XII, Liv. I, Part. I, p. 41. S est donc le point qui, par rapport à la surface en A, correspond au point D.

[16]) Nous supprimons quelques calculs.

[17]) Prop. XII, Liv. I, Part. I, p. 41. Q est donc le point qui correspond au point S par rapport à la surface en G, c'est-à-dire, Q est le point correspondant au point D par rapport à la boulette entière, et comme le point E correspond à l'infini, il faut d'autant moins d'effort pour voir le point D de l'objet que le point Q se trouve plus éloigné de l'oeil. On doit donc maintenant comparer $CQ = SQ + SC$ à la distance XY du point Y qui correspond au point V par rapport à la lentille X. Huygens procède donc à calculer cette dernière distance.

[18]) Lisez: $\dfrac{\frac{27}{2}r^4 - 12r^3e + 2rree}{6rre + 4ree}$.

[19]) Prop. XX. Liv. I, Part. I, p. 99.

$$\mathrm{XY}\left[\infty\ \mathrm{VY}+\frac{3}{2}r-e\right]\frac{\frac{9}{4}rr-\frac{3}{2}re}{e}\ \times\ ^{1)}\ \mathrm{CQ}\ \frac{\frac{27}{2}r^4-10rree}{6rre+4ree}\ ^{2)}$$

$$\frac{\frac{9}{4}rr-\frac{3}{2}rd}{d}\ \infty\ \frac{\frac{27}{2}r^3-10ree}{6re+4ee}\ ^{3)}$$

$$\frac{27rre+18ree}{27rr+18re-8ee}\ \infty\ d\ ^{4)}$$

§ 12 [5]).

21 apr. 1692.

On peut accroitre la lumiere des microſcopes; non pas par les rayons du ſoleil immediatement, car ils colorent les objets per minima, et empeſchent qu'on ne les puiſſe voir diſtinctement; mais en aſſemblant ces rayons par le moyen d'un verre convexe, ſur une ſurface blanche; comme ſeroit de la craye, car le papier pourroit brusler. Pour le microſcope ſimple de petite boule ou lentille qu'on tournoit autrement contre le jour de la feneſtre, il faut le tourner de pres vers ce foier clair, qui doit avoir la grandeur du trou qui modere la lumiere du microſcope ou un peu d'avantage, ſi on vouloit renforcer la lumiere au plus grand degrè. On verra d'autant plus clair par ce moyen, que le cercle du verre bruſlant, eſt plus

---

[1]) Ce signe indique qu'il s'agit de comparer les grandeurs qui se trouvent des deux côtés. Mais Huygens abandonne ce dessein, et au lieu de supposer dans ce qui suit TV = ED = e il pose TV = d et il procède à calculer la valeur de d pour laquelle les distances CQ et XY deviennent égales.

[2]) Lisez $\frac{\frac{27}{2}r^4-6rree}{6rre+4ree}=\frac{3(9rr-4ee)r}{4(3r+2e)e}=\frac{3(3r-2e)r}{4e}=\frac{\frac{9}{4}rr-\frac{3}{2}re}{e}$, d'où Huygens aurait dû conclure à l'égalité de CQ et de XY.

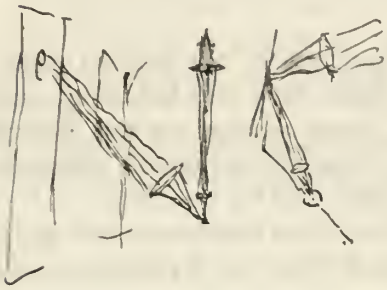
[3]) Lisez $\frac{\frac{27}{2}r^3-6ree}{6re+4ee}$.

[4]) Lisez: $\frac{27rre+18ree}{27rr+18re}\ \infty\ e\ \infty\ d$. Résultat bien plus simple que celui auquel Huygens est arrivé par suite d'une erreur de calcul et qui aurait modifié légèrement la conclusion à laquelle il est parvenu.

[5]) Ce paragraphe contient des annotations, écrites en 1692, sur l'éclairage des objets sous le microscope et sur l'effet de la diffraction sur la netteté de l'image. La première est empruntée à la p. 187 du Manuscrit F, les autres aux p. 54 et 55 du Manuscrit H.

grand que le petit ſoleil au foier. Car le blanc eclairè ſimplement par le ſoleil, eſt auſſi luiſant que le ciel, auquel on tourne autrement le microſcope. Et cette grande lumiere ne gaſte pas la diſtinction. de ſorte qu'on en peut prendre ſelon qu'on en a beſoin. Pour le microſcope compoſe qui diſcerne les couleurs et les objets opaques, il faut le mettre aſſez pres du foier clair, et par le moyen d'une autre lentille convexe, aſſembler la lumiere qu'il prend de ce foier ſur l'objet qui ſera plus clair que lors qu'on y aſſemble la lumiere d'une chandelle, ſelon la meſme proportion que je viens de dire, pour vu que la petite image qui vient du foier luiſant et qui ſe peint à l'endroit de l'objet, ſoit aſſez grande pour eclairer la particule vue de l'objet, la raiſon eſt que la ſurface blanche, ſimplement eclairée par le ſoleil, eſt auſſi claire pour le moins que la flame d'une chandelle. l'image de la chandelle que porte ſur l'objet un verre convexe fait deſia une tres belle clartè.

[Fig. 19.]



Par ce moyen on fera des microſcopes compoſez, qui groſſiſſent extremement, et qui ne manquent pas de clartè.

---

22 Apr. 1692.

[Fig. 20.]

manente oculari lente eadem, augere ejus diſtantiam a lenticula microſcopij, producto ad duplum aut triplum tubo; unde eadem proportione creſcit magnitudo apparens [6]).

lux vehemens chartæ in A, illuſtrabit viſibile in B.

Producto tubo diminuenda ſimul erit apertura lenticulæ inferioris. ut diſtincta maneat viſio. vide quantum [7]).

NB. Sed hac arctatione aperturæ fit ut radij a ſingulis punctis egreſſi ac paralleli ad pupillam venientes, tam anguſtum ſpatiolum ejus comprehendant, ut hinc diſtincta viſio fieri nequat. Sic ſi in tenuiſſima plumbi lamella, foraminulum terebres acus cuſpide, quod tantum $\frac{1}{7}$ vel $\frac{1}{8}$ lineæ partem vel minorem latitudine

[6]) Comparez la Prop. XII à la p. 529.

[7]) Cette question n'a pas été traitée expressément dans les Manuscrits que nous possédons; probablement à cause des considérations qu suivent.

æquet, admoto oculo, ultra confuſe omnia videbis, at ſi $\frac{1}{4}$ vel $\frac{1}{3}$ lineæ omnia apparebunt diſtincta. ultra $\frac{1}{5}$ lineæ non videtur contrahi debere ſpatiolum in ingreſſu pupillæ [1]).

P. S. Propter vitium hic notatum, quod evitari nequit, non licet ita producendis tubis augere amplicationem, quare nec ſolari luce opus habebimus; ſed sufficit lux feneſtrarum, vitro planoconvexo, (quod tertiam partem ſphæræ aut amplius contineat) collecta, et in viſibile immiſſa. vitrum ſit candidiſſimum et lucidiſſimum. Venæ nihil hic nocebunt.

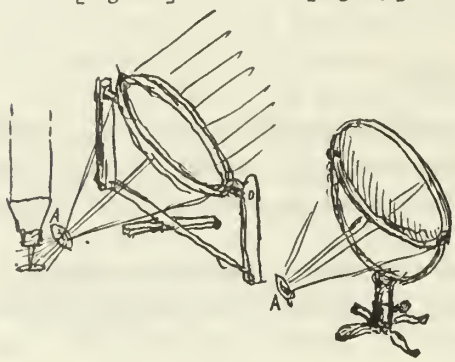
[Fig. 21.]

charta tenuis parallela lenti. circa cujus focum statuitur. quantum poteſt accedat lux A ad viſibile B [Fig. 20.] ſi plurimum aucta claritate opus eſt.

omnia ſub et circa viſibile ſint nigra, ne qua lux aliunde ad lenticulam perveniat. Quamobrem nec multum ſimul arenæ aut alius rei lucidioris apponatur.

Cavendum ne circellum lucidum A intueamur, quia hebetat viſum, itaque dum omnia diſponuntur, vitro colorato, vel flammæ fuligine obſcurato, oculi tegendi. Eò quoque pertinet orbis D in ſummo microſcopio; ne tunc facile in oculos incurrat lux A.

[Fig. 22.] [Fig. 23.]



Chartula A ſit affixa lenti.

Oportet ita aptari pedem qui lentem ſuſtinet, ut altius tolli vel deprimi ipſa queat, quia microſcopium et viſibile manent invariata altitudine, non autem chartula A, propter mutabilem altitudinem ſolis.

ſphærulæ ad majorem ampliationem perveniunt quam lenticulæ, quia non radiant viſibilium particulæ, ſed ex ambiente coeli claritate cernuntur [2]). ita fit ut vicinorum punctorum fulgor nonno ceat, ſicut in non pellucidis.

[1]) Comparez à propos de ce passage les pp. 507 et 533.

microſc. compoſitum ad ſimplex multiplicat circiter ut 3 ad 4, propter plures in illo refractiones, et vitia in 2 lentibus unde minuitur diſtinctionis acumen.

etiam propter colores in compoſito auctos neceſſario.

microſcopiorum efficacia non ultra certos limites procedit [3]).

Teleſcopiorum quouſque libet quia in his eandem ſemper pupillæ partem occupant radij ab uno viſibilis puncto manantes, ut facile demonſtratur. vid. pag. ſeq. [4]).

Si poſſet viſibile multo magis augeri, ut ſimul magnam ſatis pupillæ partem tales radij occuparent, poſſent ſpectari inſoliti effectus, ſed hoc fieri nequit.

---

[2]) Comparez les p. 521—523.

[3]) Voir toutefois les Prop. XIV (p. 535), XV (p. 543) et XVIII (p. 569), dans lesquelles Huygens a cru trouver plus tard les moyens d'obtenir des grossissements toujours plus forts jusqu'à ce que la petitesse des lentilles objectives empêcherait de procéder plus loin.

[4]) Voir le § 12, p. 614. de l'Appendice VI.

APPENDICE XI

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1678—1692.]

[Obſervations microſcopiques.]

[Première Partie] [1]).

[1678—1680.]

28 febr. [1678] lac inſpexi [2]), orbiculis vitreis interceptum; in quo, ad lucem obverſo, globuli diverſæ refractionis, liquori pellucido intermiſti, cernebantur; eadem fere magnitudine ac multitudine atque corpora animalculorum in ſemine [3]), ſed non omnes inter ſe æquales. Hinc oritur lactis candor; Hæc eſt butyri materia. nam ſepoſito lacte paulatim hi globuli ſurſum feruntur ibique florem lactis quod vocant conſtituit, qui multum agitatus et ab interfuſo ſero liberatus, butyrum efficit, rupta globulorum parte.

deinde ſanguinem eodem modo inſpexi [4]), in quo globuli etiam apparebant pellucidi leviter colorati, innatantes liquori minoris refractionis. Sed hi magis conferti quam in lacte ac paulo majores. multi catervatim ſibi coherebant. Poſt horas aliquot omnes hi globuli liquefacti liquorem uniformem efficiebant, luteo colore leviter tinctum [5]).

---

[1]) Nous avons réuni dans cette première partie les observations microscopiques faites par Huygens pendant les années 1678—1680, telles qu'on les rencontre au Manuscrit E, aux pp. 111, 121—128, 132, 133, 145—154.

[2]) Comparez la p. 525.

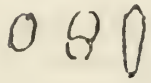
[3]) Voir sur les spermatozoïdes la p. 527.

[4]) Comparez la p. 523.

[5]) On peut comparer avec ces observations sur la constitution du lait et du sang celles de Leeuwenhoek publiées dans les Phil. Trans. du 27 avril 1674 (p. 23) et du 21 sept. 1674 (pp. 122—124 et 130). On y apprend par une lettre de Leeuwenhoek, datée du 6 juillet 1674, qui celui-ci avait envoyé à „mr. C. H." (Constantyn Huygens, père) quelques unes des pipettes en verre (voir la p. 523 du Tome présent) dont il se servait pour observer les globules du sang. Toutefois Christiaan Huygens, auquel Constantyn les avait fait parvenir à Paris n'avait pu découvrir ces globules; ce que Leeuwenhoek attribua à la déformation qu'ils subissent pendant la coagulation du sang.

13 Mart. 1678. Animalcula in aqua piperi ſuperfuſa animadverti. Erat dies 4 vel 5tus quod eam adſervaveram. Erant pellucida nec majori corpore quam globuli in lacte. nec multa ex ijs moveri apparebat nec tam celeri progreſſu quam illa in ſemine. Sumpſeram ex aquæ ſuperficie cui velut pinguedo quæpiam tenuis atque albicans ſupernatabat. Non erat magna multitudo animalculorum.

[Fig. 1.]



14 [Mart.] Rurſus de ſupernatante pellicula inter vitreos orbiculos incluſi. ubi jam prodigioſa multitudo erat talium animalculorum, ac ſi acervatim congeſta forent, ſed tantum exiguo motu, etſi ſatis celeri, inter ſe movebantur, qui motus ex ſplendore ipſorum percipiebatur, quia certo poſitu lucebant alijs vero minus. directe ad lumen obvertenti nihil fere de motu apparebat, ſed luce a latere incidente.

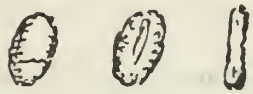
20 Martij. Suppoſui microſcopio ceram quam apes pedibus ſuis adfigunt quam apparuit nihil aliud eſſe quam congeriem globulorum aureorum quales antea in croco obſervaveram [6]).

1678 [7]). 11 Jun. Hagæ.

Obſervè les petits animaux qui naiſſent dans de l'eau ou l'on a mis du poivre concaſſè. c'eſtoit de l'eau que le Sr. Leeuwenhoeck [8]) avoit envoiè 3 ou 4 jours auparavant.

Le matin ces animaux eſtoient tous de cette forme [Fig. 2] par le dos, et par en bas de celle cy [Fig. 3]. Il y en avoit par centaines au microſcope [9]).

[Fig. 2.] [Fig. 3.] [Fig. 4.]



A 3 heures apres midy plus de $\frac{9^{es}}{10}$ de ces inſectes eſtoient devenus de cette forme [Fig. 4] [10]), courants

---

[6]) Comparez la lettre à Constantyn, frère, du 26 mars 1678, p. 65 du T. VIII et la p. 525 du Tome présent.

[7]) Huygens, lui-même, a donné un résumé de ces observations de 1678 dans sa lettre au frère Constantyn du 18 nov. 1678, p. 124—125 du T. VIII; de plus, on trouvera aux p. 140—141 du même T. VIII les remarques faites par Leeuwenhoek à propos de ce résumé.

[8]) Voir sur Antoni van Leeuwenhoek la note 16, p. 315 du T. VII.

[9]) On retrouve de tels objets que Huygens appellera successivement „ces animaux en ovale", „ceux du poivre", „ceux de la première grandeur", „les ordinaires de la première grandeur," aux pp. 124, 140, 141 du T. VIII, où ils sont indiqués par la lettre A, et dans les observations qui suivent du 12, 14 et 15 juin, du 22, 23, 30 et 31 août, du 5, 7, 9, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 28 et 29 septembre du 2, 5, 6, 7 et 18 octobre 1678 et du 24 juin 1679. Et peut-être les K, dont il est question dans les observations de 1692, appartenaient à cette même catégorie; voir la note 4 de la p. 723. Probablement il s'agissait dans le cas des Fig. 2 et 3 d'infusoires du genre Glaucoma.

[10]) C'étaient plutôt des infusoires d'une autre espèce.

fort viſte comme les premiers dont il n'en reſtoit qu'environ la dixieme partie formez comme ils eſtoient le matin. Ces longs ne ſe courboient point mais alloient tout droit. Ayant eſtè un heure ſans les voir je les trouvay tous diſparus, et il n'y reſtoit que des petits corps beaucoup moindres et ſans vie.

Le premier jour que j'obſervay ces animaux en Ovale il y en paroiſſoit quelques uns beaucoup plus grands qui tantoſt ſembloient ronds tantoſt ovales, et courroient ſouvent comme en roulant et en ſorte que les parties de leurs corps ſembloient ſe mouvoir en elles meſmes, mais comme j'en ſuivois un longtemps de la vue, j'obſervay que ces parties eſtoient des animaux de la premiere figure aſſemblez en un, car je vis qu'il s'en ſepara premierement deux, puis encore d'autres, et a la fin tous [1]).

Dans les anguilles du vinaigre [2]) j'en obſervay qui avoient deux petites anguilles dans le corps, qui faiſoient des tours et des tortillements, et quelquesfois s'eſtendoient et parcourroient preſque tout le corps de leur mere, qui eſtoit ſans mouvement et peut eſtre morte. Ces anguilles ont la pluspart de groſſes bulles d'air dans le corps, dont j'en ay vu ſortir par un trou du coſtè de la queue [3]). Les entrailles ne paroiſſent preſque que comme de petits globules de differente groſſeur. Leur peau eſt une pellicule tout a fait tranſparente.

12 Jun. Les animaux de poivre dans l'un des verres ou je les mis eſtoient tels [Fig. 5] [4]), le matin. Apres diner il y en avoit peu, et ils ne courroient preſque point mais ſe tremouſſoient en demeurant dans une meſme place, il y avoit quantitè de corps de cette forme [Fig. 6] et auſſi de cette autre [Fig. 7] [5]) qui parfois ne paroiſſoient que comme une boule ſeule; un peu apres ces deux ſortes de corps commencerent a ſe remuer, mais peu.

[Fig. 5.]

[Fig. 6.] [Fig. 7]

Il me ſemble avoir vu qu'un de ces animaux [Fig. 5] [6]) mit dehors un de cette figure [Fig. 7], qui demeura alors immobile.

Il y avoit dans le meſme verre de ces animaux amaſſez dont j'ay parle dans l'obſervation de l'11e. Ils ſe tenoient la pluspart en une place, en tremblant et ſe ſecouant ſeulement un peu, leur forme eſtoit telle [Fig. 8], mais quelquefois ils prenoient une courſe, comme en roulant, et en courant ce rond s'etendoit en ovale.

[Fig. 8.]

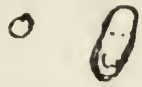
(Dans un autre verre que j'avois preparè une heure plus tard le meſme matin, avec de l'eau poivrée priſe de la meſme phiole, les animaux courroient inceſſamment a la meſme heure de l'obſervation que je viens de mettre, et il y avoit pluſieurs de ces amas ronds, les uns plus grands que les autres).

---

[1]) On retrouvera de tels objets dans les observations du 12 juin et du 10, 18, 25 et 29 septembre 1678, et comparez encore les P des observations de 1692 (pp. 725, 727 et 730). Il s'agissait peut-être de Antophysa vegetans.

Une demi heure apres il n'y avoit plus de ces figures longues [Fig. 6] et peu de ces autres [Fig. 7], tout eſtant devenu de petits ronds [Fig. 9]; dont il y en avoit tant en certains endroits qu'ils ſe touchoient preſque. Et en ces endroits il couroit pluſieurs de ces animaux [Fig. 10], qui eſtoient tres peu ailleurs. Il y avoit touſjours quelques uns de ces ronds que j'ay dit eſtre compoſez.

[Fig. 9]. [Fig. 10].



Un peu apres en regardant des endroits ou il y avoit quantitè de ces petits ronds entaſſez, il paroiſſoit y avoir du mouvement. Le meſme ſoir pourtant tout eſtoit mort. Mon frere [7]) ayant enfermè de ces animaux le lendemain matin (13 juin), j'y vis beaucoup de petits animaux de la groſſeur des petits ronds ſuſdits, qui courroient mais non pas fort viſte, et il y avoit outre cela des animaux de la grandeur ordinaire.

J'enfermay auſſi de ces animaux un heure apres, et j'y en obſervay qui eſtoient environ deux fois plus gros que les petits ronds, parmy d'autres beaucoup plus grands qui eſtoient les ordinaires.

le 14 juin. Les plus petits des animaux enfermez le jour d'auparavant eſtoient devenus un peu plus grands, des autres il en reſtoit quelques uns immobiles, d'autres courrant touſjours.

A midy il y avoit une grande quantite d'oeufs ronds, et en un autre endroit de figures de cette facon [Fig. 11] immobiles. Au ſoir j'y vis quelques fort petits animaux [Fig. 12] qui remuoient mais n'avancoient pas viſte. Les grands courroient touſjours.

[Fig. 11.] [Fig. 12.]

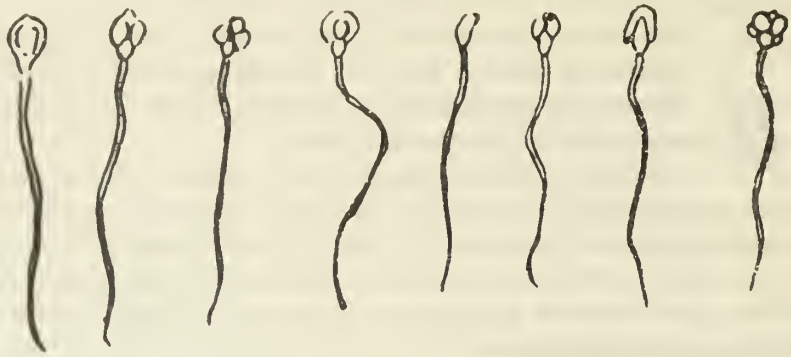
le 15 [juin.] de meſme que le jour d'auparavant. Je vis qu'un des animaux de la plus grande ſorte, dont la forme paroiſſoit cellecy [Fig. 13], faiſoit des œufs ou des excrements en avancant peu a peu, et en fretillant de la queue. Au bord de l'eſtang il y en avoit pluſieurs morts, et une quantitè prodigieuſe d'œufs ou excrements qui ſe touchoient, et eſtoient remuez par les grands animaux qui courroient a travers. Apres midy tous les animaux eſtoient morts, a un coſtè de l'eſtang. et les œufs sans mouvement.

[Fig. 13.]

---

[2]) Voir encore, sur ces anguilles, la p. 525.
[3]) Probablement il s'agissait de l'acte de défécation du nématode.
[4]) Probablement des infusoires du genre Chilodon.
[5]) Des champignons du genre Torula ou Oidium?
[6]) C'est la figure de gauche qui est répétée ici.
[7]) Constantyn; voir la note 6 de la p. 699.

[Fig. 14.]



figures apparentes des animaux in ſemine [1]), la veritable figure ne pouvant eſtre bien diſcernée a cauſe de leur tranſparence [2]).

Pariſijs 26 Jul. 1678.

Mis de l'eau de fontaine ſur un peu de poivre dans une fort petite phiole.

Le lendemain 27e Jul. ayant pris de cette eau et mis dans le microſcope entre le verre et le talc, j'y vis beaucoup de tres petits animaux, et plus petits que je n'en avois encore vu, qui courroient ſans ceſſe. Leur figure ne ſe pouvoit pas bien diſtinguer, mais ils me ſemblerent a peu pres ronds [Fig. 15], mais eſtant enfoncez dans l'eau ils ne paroiſſoient que comme des points noirs courrants çà et là [3]). Il y en avoit une autre ſorte qui eſtoient bien plus grands et paroiſſoient preſque ronds et transſparents. Leur mouvement n'eſtoit pas viſte et ils tournoient ſouvent en rond, quelqueſois 2 ou

[Fig. 15.]

---

[1]) Voir la note 3, p. 698.

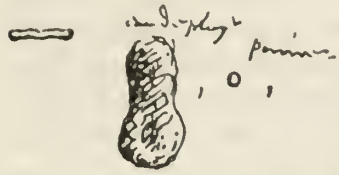
[2]) Vis-à-vis de la page qui contient ces dessins de spermatozoïdes une feuille séparée a été collée où se trouve un résumé, de la main de Huygens, d'une lettre, datée du 18 mars 1678, écrite par Leeuwenhoek au secrétaire de la Sociéte Royale de Londres. Cette lettre ne fut reproduite qu'en partie dans le N°. 142 des Phil. Trans. pour les mois de décembre 1677, janvier et février 1678 à la p. 1044, où, de plus, les figures sont reproduites sans doute moins exactement que dans les copies que Huygens en a faites. Puisque la lettre ne se trouve non plus dans les Œuvres de Leeuwenhoek, citées dans la note 16 de la p. 315 du T. VII, où la collection de ses lettres ne commence qu'avec celle du 25 avril 1679 (voir la note 3, p. 161 de notre T. VIII), il semblait opportun de reproduire le résumé de Huygens. On le trouvera dans l'Appendice XII qui suit à la p. 733.

[3]) C'est ici que les bactéries apparaissent pour la première fois dans les observations de Huygens. Notons qu'elles avaient été vues par Leeuwenhoek déjà en 1675 ou 1676, c'est-à-dire bien

3 tenant enſemble. Il n'y avoit guere de ces derniers animaux. les jours ſuivants le nombre des petits augmentoit touſjours et non pas celuy des autres.

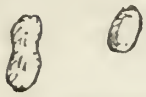
le 30e Jul. Je les fis voir dans noſtre aſſemblée, ou quelques uns eurent de la peine à les diſcerner, parce qu'il faloit des ſpheres tres petites pour groſſir ces objects ſi extremement petits, d'ou s'enſuit neceſſairement l'obſcuritè. Il y avoit parmy les petits animaux qui eſtoient longs et inflexibles ainſi [Fig. 16] [4]), ils courroient comme les autres.

[Fig. 16.] [Fig. 17.]



le 1r Aouſt. Je pris de la ſurface de l'eau de pluie que j'avois mis 6 jours auparavant dans une petite fiole. Et j'y trouvay des animaux de pluſieurs figures et grandeurs quoyque peu en nombre. Il y en avoit qui eſtoient de cette figure et grandeur comparez avec les petits de l'eau poivrée [Fig. 17] [5]), d'autres de celle cy [Fig. 18] d'autres preſque ronds [Fig. 19] [6]). Mais il y avoit un animal fort grand de cette forme [Fig. 20] [7]) qui eſtoit fort flexible et tranſparent comme les autres, courant auſſi fort viſte comme eux, et il ſembloit avoir des petits pieds tout du long du corps. Je n'avois pas encore vu de cette ſorte d'animaux.

[Fig. 18.] [Fig. 19.]



[Fig. 20.]

2 Aouſt. Regardè la meſme eau de pluye, mais fraichement tirée de la phiole. Il y avoit des animaux comme le jour precedent mais point des fort petits. J'y trouvay derechef un de ces grands animaux,

avant l'année 1683, où l'on place ordinairement sa première observation de bactéries (voir p. e. F. Löffler „Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bakterien", Leipzig, 1887, p. 4 et 6). En effet, la quatrième espèce de créatures dont il est question dans une lettre de Leeuwenhoek du 9 octobre 1676 (voir la p. 822 des „Phil. Trans." N°. 133, du 25 mars 1677, ou la p. 23 de notre T. VIII) doit être identifiée avec les bactéries. Cela est prouvé (comme M. Beijerinck l'a exposé plus en détail dans un discours publiée dans le „Jaarqoek" de l'Académie Royale d'Amsterdam, année 1914, p. 1—6) 1° par le fait que dans une répétition de l'expérience de Leeuwenhoek du 9 juin 1676 (p. 23 du T. VIII) l'infusion ne contenait après les 2 fois 24 heures que des bactéries, 2° par leur nombre évalué par Leeuwenhoek dans sa lettre du 23 mars 1677 (Phil. Trans. N° 134, p. 844), 3° par leurs dimensions, moindres que la 3e partie d'une globule de sang (l. c. p. 845).

Ajoutons que nous devons les notes de caractère scientifique dont cette pièce est pourvue à la collaboration bienveillante de M. M. W. Beijerinck, professeur à l'université technique de Delft et de M. N. H. Swellengrebel, zoologiste attaché à la section d'hygiène tropicale de l'Institut colonial d'Amsterdam.

[4]) Sans doute des bacilles.

[5]) Peut-être un infusoire en division.

[6]) Des flagellées (Monas termo Ehrb.?), dont le premier (Fig. 18) en division?

[7]) Comparez encore les observations qui suivent du 2 août et, à la p. 92 du T. VIII, la lettre à Constantyn, frère, du 11 août 1678. Il s'agit probablement d'infusoires des genres Paramaecium ou Urosoma.

duquel je vis diſtinctement les petits pieds tout du long du corps. Ceux de devant au nombre de 4 ou 5 [1]) remuoient continuellement fort viſte, meſme quand l'animal n'avancoit point. Par fois il faiſoit en nageant des tours et des pirouettes. Un de mes amis qui le vit le compara a une lamproie. Il avoit de la groſſeur au milieu, dans l'eau de poivre il n'y avoit que les tres petits animaux en grand nombre [2]).

[Fig. 21.] 14 Aouſt. Dans l'eau de poivre vieille de 8 ou 10 jours ou il n'y avoit eu les 5 ou 6 premiers jours que des tres petits animaux a peine viſibles [2]), il y en avoit maintenant des grands longuets de cette façon [Fig. 21] [3]) qui ne courroient pas viſte, et toujours en fretillant de la queue. des tres petits il n'y en avoit plus ou tres peu. J'avois mis dans cette eau, il y avoit 4 ou 5 jours, 2 ou 3 goutes d'une eau de poivre ou il y avoit beaucoup d'animaux de la plus grande forte et de cette façon [Fig. 22] [4]), laquelle eau M. Romer [5]) m'avoit envoiée, et l'avoit eue de Thuret [6]). Je n'y trouvay qu'un ou deux de cette eſpece. Ils courrent viſte.

[Fig. 22.]

Dans cette eau de Thuret j'en vis quantitè de ces grands et auſſi beaucoup de ces longuets qui fretillent en marchant. Dans de l'eau miſe, il y avoit 10 jours, ſur de la fleur de muſcade (*foelje*) je trouvay quantitè des tres petits animaux comme cy devant dans de l'eau de poivre, ayant un mouvement fort viſte [2]), et une eſpece de plus grands de cette forme [Fig. 23] [7]) et d'autres ronds [Fig. 24] [7]), les uns et les autres alloient lentement, et j'en vis pluſieurs attachez deux a deux quoyque non pas joints fort pres, qui ſe tiroient l'un l'autre faiſant beaucoup de tours [8]).

[Fig. 23.] [Fig. 24.]

Dans de l'eau de fontaine ſimplement gardée dans de la porcelaine, pendant 10 jours, je trouvay de ces animaux [Fig. 25] [9]), mais tres peu, qui courroient tres viſte, et par intervalle s'arreſtoient ſubitement et aſſez longtemps, puis reprenoient leur courſe. il y en avoit auſſi de moindres qui alloient lentement [Fig. 26] [7]).

[Fig. 25.] [Fig. 26.]

---

[1]) Les cils du peristome.
[2]) Des bactéries.
[3]) Des flagellées du genre Bodo?
[4]) Paramaecium?
[5]) Voir sur Olaf Römer la note 1, p. 30 du T. VIII.
[6]) Voir sur Thuret la note 3, p. 110 du T. IV.
[7]) Des flagellées?
[8]) Des flagellées en division?
[9]) Un infusoire Chilodon ou la monade Bodo saltans?
[10]) Voir la note 8, p. 699.
[11]) Probablement de grandes spirilles.
[12]) Probablement ces trois figures (28—30) représentent des bacilles.
[13]) Voir sur Hartsoeker la note 1 de la p. 58 du T. VIII et les notes 1 et 5 des p. 520—521 du

[Fig. 27.] 22 Aouſt. Dans mon eau de poivre il y avoit peu des grands animaux [10]) et j'en trouvay quelques uns de cette figure [Fig. 27] [11]) qui nageoient de la maniere des anguilles, et extremement viſte.

Dans l'eau de fleur de muſcade il y en avoit quantitè la moitiè ſi longs que ceux du poivre [10]), mais un peu plus ronds et blancs, c'eſt à dire tranſparents sans couleur. car ceux du poivre ſont roux. Ils alloient viſte mais de coſtè et d'autre, et non pas droit comme ceux du poivre. Il y avoit auſſi une multitude de tres petits animaux [2]) dont on ne peut voir la figure, mais ſeulement le mouvement comme de points noirs. Ils alloient fort viſte.

J'oſtay la peau qui s'eſtoit faite ſur l'eau de poivre.

23 Aouſt. Ceux de l'eau de fleur de muſcade de meſme que le jour de devant, mais il y en avoit quantitè qui repoſoient par intervalles et puis ſautoient a un autre place diſtante de la premiere de 4 ou 5 fois leur longueur, et cela avec une celeritè eſtrange. puis repoſoient, et apres un moment ſautoient encore, les tres petits y eſtoient encore. J'en vis un ou deux grands comme dans l'eau de poivre.

27 Aouſt. Regardè de mon urine gardée pendant 24 heures. J'y trouvay quelque peu de petits animaux longs et menus, ainſi [Fig. 28] qui nageoient et ſe tournoient lentement et quelques autres moins longs [Fig. 29] qui alloient un peu plus viſte de la maniere des anguilles. Puis d'autres fort petits [Fig. 30] qui avoient le plus de mouvement [12]). M. Hartſoeker [13]) m'avoit dit d'avoir remarquè nouvellement ces animaux. Il y avoit auſſi pluſieurs plaques jaunatres de cette figure [Fig. 31]. Elles deſcendoient viſte dans l'urine.

[Fig. 28.] [Fig. 29.] [Fig. 30.]

28 Aouſt. Je ne trouvay plus de ces anguilles dans la meſme urine, mais ſeulement tres peu de ces plus courtes [Fig. 32] [2]), qui a peine avoient du mouvement. J'y remarquay quantitè de petits globes tranſparents dont pluſieurs eſtoient joints deux a deux ainſi [Fig. 33] [14]), et je doutay s'ils n'avoient pas quelque mouvement [15]). les plaques de ſel comme auparavant.

[Fig. 31.]

dans de l'eau ou j'avois mis quelque peu de feuilles de Thè a tremper pendant 7 ou 8 jours, je trouvay grande quantitè de petits animaux a peu pres de la grandeur de ceux de la ſeconde grandeur [16]) dans l'eau de poivre. Leur forme eſtoit celle cy [Fig. 34] [7]), ils etoient fort tranſparents. Et trembloient toujours en allant. Ils courraient aſſez viſte et tournoient ſouvent.

[Fig. 32.] [Fig. 33.]

Tome présent. Et consultez sur ses observations d'infusoires et de bactéries les pp. 68—70, 73, 74, 98, 99, 224 et 225 du T. VIII.

[14]) Des diplococces?

[15]) S'agissait-il du mouvement brownien?

[16]) On rencontre encore des organismes „de la seconde grandeur" dans les observations du 30

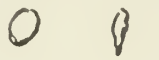
29 Aug. Dans l'eau de fleur de noix muſcade je ne trouvay plus de ces animaux qui y eſtoient le 23 aouſt. mais quantitè d'œufs ronds attachez par 2, 3, 4 enſemble, ou pluſtoſt c'eſtoient de petits animaux, car pluſieurs ſe mouvoient eſtant ainſi attachez, ſur tout ou ils eſtoient 2 à 2 [1]). Mais le mouvement eſtoit lent, et la pluspart en tournoiant. J'avois oſtè la peau de cette eau le jour d'auparavant, n'y ayant rien trouvè alors de vivant, ni auſſi dans mon eau de poivre; dans laquelle maintenant je trouvay beaucoup de petits animaux les uns comme ceux de l'eau de fleur de noix du muſcade du 23e de ce mois, les autres de cette forme [Fig. 35] [2]), qui fretilloient de la queue.

[Fig. 34.]

[Fig. 35.] [Fig. 36.]

30 Aug. Dans l'eau de fl. de noix muſc. je ne trouvay plus d'oeufs mais aſſez grand nombre d'animaux comme ceux du poivre de la première grandeur [3]) [Fig. 36] [4]) qui courroient a l'ordinaire.

[Fig. 37.] [Fig. 38.]



Dans l'eau de Thè il y avoit des ovales mediocres [Fig. 37] [2]) qui avoient l'allure unie, Et d'autres comme des petits poiſſons avec des mouvements vifs [Fig. 38] [2]).

Dans mon eau de poivre peu d'animaux de la ſeconde grandeur.

Dans l'eau de poivre de Thuret, gardée dans une petite fiole ou il n'y avoit point de poivre au fond, il y avoit pluſieurs des animaux de la premiere grandeur dont la pluspart alloient extremement viſte.

[Fig. 39.]

L'eau ſe deſeichant il reſtoit de ces animaux une matiere informe [Fig. 39], qui ſemble huileuſe, puiſqu'elle ne s'evapore pas comme l'eau.

[Fig. 40.]

Dans l'urine rien de vivant. Il y avoit pluſieurs oeufs attachez au nombre de 2, 3, 4 etc, et quelques unes des petites anguilles mortes [Fig. 40] [5]).

31 Aug. l'eau de Thè. quantitè de la ſeconde grandeur comme le 30e. de figure ovale. des autres petits poiſſons il n'en paroiſſoit plus.

---

et 31 août, du 5, 7, 18, 19, 21 et 25 septembre et du 5, 6 et 7 octobre 1678. Huygens les dessine ordinairement de la grandeur des Figures 19 et 23; voir toutefois une observation du 19 sept., p. 711, où ils sont représentés plus petits par rapport à ceux de la première grandeur.

[1]) Peut-être s'agit-il de champignons du genre Torula; alors c'était bien le mouvement brownien qui les agitait.

[2]) Des flagellées?

[3]) Voir la note 9 de la p. 699.

[4]) Un infusoire Glaucoma?

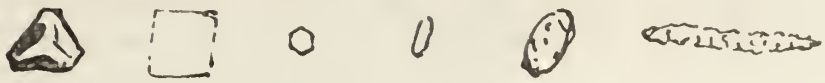
[5]) Comparez les observations du 27 août, p. 705.

Dans la fleur de mufcade peu de grands comme le 30e. Et quelques tres petits.

Dans l'urine beaucoup d'oeufs fans mouvement.

Dans de l'urine fraifche apres qu'elle fut evaporee fur le talc, il y avoit plufieurs petites maffes tranfparentes de cette figure [Fig. 41], d'autres quarrees [Fig. 42] d'autres irregulieres. Et quantite de petits hexagones [Fig. 43], dont quelques uns eftoient tres parfaits.

[Fig. 41.] Fig. 42.] [Fig. 43.] [Fig. 44.] [Fig. 45.] [Fig. 46.]

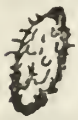


Dans mon eau de poivre quantitè de ceux de la feconde grandeur [Fig. 44] [2]), comme dans l'eau de Thè, fort remuants, et un ou deux grands [Fig. 45] [4]).

Dans une autre eau de poivre fort puante, des figures comme d'animaux morts [Fig. 46]; comme j'en ay encore obfervè d'autres fois [6]), mais jamais vivants.

5 Sept. dans mon eau de poivre, point d'autres que de la feconde grandeur [Fig. 44], et pas beaucoup.

[Fig. 47.]



dans l'eau de Thè grande quantitè de ceux de la feconde grandeur. Et quelques uns de la premiere [3]) qui alloient d'une eftrange viteffe et parfois s'arreftoient tout court. ils paroiffoient mefme un peu plus grands que ceux du poivre, et l'on y voioit quelque efpece d'entrailles ainfi [Fig. 47] [7]), et des petites pattes eftendues tout autour, mais a peine vifibles.

Eod. 5 Sept. Dans de l'eau on avoit trempè un morceau de poire (c'eftoit d'une efpece qui eft d'une belle couleur jaune et rouge par dehors) il y avoit grande quantitè de ceux de la feconde grandeur [8]) mais ayant cette figure [Fig. 48], ils eftoient moins vifs que ceux de l'eau de Thè.

[Fig. 48.]

Eodem 5 Sept. dans l'eau de cloux de girofle qui avait eftè deffeichée le jour d'auparavant, il y avoit des animaux de la feconde grandeur, mais non pas grande quantitè, femblables a ceux de l'eau de poire.

Eodem 5 Sept Dans l'urine rien de vivant mais quantitè de ces boulettes tranfparentes comme des oeufs. Et ayant mis de petites goutes rondes de cette urine fur le Talc, je remarquay avec le microfcope que ces oeufs, et fans doute la liqueur mefme avec eux, avoient un mouvement continuel par lequel

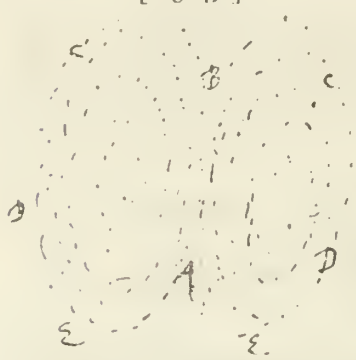
---

[6]) Comparez plus loin, p. 719, une observation du 3 août 1679.

[7]) Paramæcium?

[8]) Voir la note 16 de la p. 705.

[Fig. 49.]



ils montoient dans le milieu AB [Fig. 49] de la goute et puis descendoient par les deux costez CD, et montoient en suite encore par AB, et ainsi tousjours, car je suivois ces graines, et vis que c'estoient les mesmes qui montoient et descendoient.

Cette continuation de mouvement est estrange, et ressemble a celle de la matiere qui passe a travers l'aimant [1]). Je mis par 3 fois des gouttes nouvelles et vis tousjours la mesme chose.

les jours suivants ce mouvement n'estoit pas si manifeste.

7 Sept. Dans l'eau de Thè quantitè de la seconde [2]) et 3e grandeur [3]). Et aussi beaucoup des grands qui tantost alloient lentement, tantost d'une extreme vitesse, et parfois tout en rond [Fig. 50] [4]).

[Fig. 50.]

Eod. dans mon eau de poivre quantitè de la seconde grandeur, avec des mouvements vifs. dans l'eau de poire rien de vivant.

Dans l'eau de cloux de girofle rien de vivant.

8 Sept. mis quantitè de poivre, receu de M. Romer [5]), dans de l'eau de fontaine, tout entier.

9 Sept. Dans l'eau de Thè comme le 7e.

Dans l'eau de poivre (il y avoit bien $\frac{1}{3}$ de poivre contre $\frac{2}{3}$ d'eau) dont la graine m'avoit estè envoiée par M. Romer, et qui ne trempoit que depuis 18 heures, je trouvay quelque peu d'animaux de ceux que j'ay appellè de la première grandeur [6]) ou peu s'en faut [Fig. 51] [4]), et quantitè de petits de forme longue [Fig. 52] [3]), dont quelques uns faisoit parfois le mouvement d'anguille.

[Fig. 51.] [Fig. 52.]

Eod. 9 Sept. Dans du jus de resins blancs, et noirs, mis en experience le jour d'auparavant, rien de vivant, mais bien de parties grasses et heterogenes, par lesquelles je remarquay le mouvement dans ce jus que j'avois vu dans l'urine le 5 Sept.

Eod. 9 Sept. Dans l'eau de clous de girofle gardée longtemps, une infinitè de tres petits animaux remuants continuellement, et dont toute l'eau fourmilloit [3]). Et point d'autres. On n'en pouvoit point distinguer la figure a cause de la petitesse.

---

[1]) Le même Manuscrit E dont nous empruntons ces observations microscopiques contient des annotations sur la cause du magnétisme, que nous reproduirons dans cette publication à leur propre place. Voir encore sur le même mouvement en tourbillon des observations du 9, 10 et 11 septembre.

10 Sept. Jus de refins rien de vivant. le mefme mouvement y eftoit. Cloux de girofle de mefme que le 9e.

dans de la biere mife le 9e. rien de vivant, mais quelques figures longues [Fig. 53] fans mouvement [7]).

[Fig. 53.]

Eau de Thè comme le 7e plufieurs de la 2e grandeur alloient en ferpentant.

Eau de poivre du 8e, quelques amas roulants de 6 ou 7 animaux enfemble [8]). au refte comme le 9e.

11 Sept. dimanche. Eau de poivre fufdite grande quantitè d'animaux de la premiere grandeur, nez en moins de trois jours.

Eod. Eau de Thè comme le 7e.

Eau de clous de girofle, fourmilloit toufjours par tout de petits animaux.

dans la biere gardée de 2 jours il fembloit qu'il y avoit de petits animaux vivants [9]).

dans le jus de refins rien de vivant. le mouvement de circulation de mefme que le 10e.

16 Sept. a 10 heures. mis peu de poivre entier dans de l'eau de fontaine, fcavoir quelque 50 grains dans une porceline à prendre du Thè.

le foir a 11 h. il n'y avoit encore rien de vivant.

17 Sept. a 9 h. du matin. il y avoit grande quantitè de fort petits animaux, tres peu de mediocres [Fig. 54] [10]), et quelque nombre de longues anguilles [Fig. 55] [11]) egalement groffes par tout le corps, fe pliant fort peu quand elles avancoient [12]). Tantoft l'un bout alloit devant, tantoft l'autre en rebrouffant chemin, de forte que l'on pourroit les nommer amphifbanes, comme ces ferpents qu'on dit avoir deux teftes. Il y avoit 2 ou 3 jours que j'avois defia vu de ces anguilles.

[Fig. 54.] [Fig. 55.]

---

2) Voir la note 16 de la p. 705.
3) Des bactéries.
4) Paramæcium?
5) Voir la note 5 de la p. 704.
6) Comparez la note 9 de la p. 699.
7) Il s'agit bien de lactobacilles, déjà présents avant le commencement de l'expérience, puisque des champignons des genres Mycoderma ou Oidium n'auraient pu se développer si tôt dans la bière.
8) Voir la note 1 de la p. 700.
9) Probablement une observation inexacte.
10) Des flagellées.
11) Des amas de bactéries en fil (Bac. coli?)
12) Comparez les observations du 18 avril, 24, 26 et 29 juin et 3 juillet 1679 et les pp. 124, 125 et 141 du T. VIII, où ces anguilles sont représentées à la p. 124 par la première des figures F.

[Fig. 56.] [Fig. 57.] dans l'eau de poivre du 8 ſept. une infinitè d'animaux de la premiere grandeur [Fig. 56] [1]) et grand nombre de ces anguilles ſuſdites. de plus quantitè de mediocres [Fig. 57] [2]). Je regardois tous ces animaux non pas directement contre la lumiere mais en detournant un peu le microſcope, ce qui les fait paroiſtre ſur un fond noir [3]). On decouvre mieux par ce moyen les moindres animaux ayant vie, et l'on diſtingue auſſi mieux les parties des grands. Ceux de la premiere grandeur paroiſſent avoir le corps rehauſſè de petites boſſes arrangees comme dans cette figure [Fig. 58]. Pour la forme du corps, elle eſt ovale d'un ſens et ronde ou peu s'en faut de l'autre, ce qui paroit aſſez quand on les voit tourner de ce ſens que la teſte ou le derriere eſt vers l'oeil. Et encore de ce qu'en courrant ou nageant on leur voit toujours cette meſme forme [Fig. 58], car on les verroit parfois de coſtè et moins larges s'ils etoient plats, puiſqu'ils ont aſſez d'eſpace dans l'eau pour y nager en cette poſture.

[Fig. 58.]

Je ne ſcaurois leur voir des pieds, mais au contraire il me ſemble voir bien clairement qu' ils n'en ont point, et la forme ronde le perſuade encore. Comment font ils donc pour aller ſi viſte, et pour tourner comme ils veulent, car on ne voit point qu'ils plient leur corps en allant, comme font les poiſſons. Je ne me ſcaurois imaginer autre choſe ſinon qu'ils ont la facultè d'enfler une partie de leur corps et cela ſucceſſivement depuis la teſte juſqu' à la queue, de ſorte que cette enflure ou boſſe parcourt fort ſubitement toute la longueur du corps et puis recommence depuis la teſte ce qui ſuffit pour faire avancer l'animal. Or quelque petite qui ſoit cette boſſe elle ſuffit pour faire le mouvement parce qu'elle va viſte et pouſſe l'eau, comme feroit une rame qu'on feroit traverſer l'eau en la portant de la proue vers la pouppe. Il eſt vray qu'on ne voit point cette enflure, mais j'attribue cela à ſa petiteſſe et a la viteſſe dont elle parcourt tout le corps de l'animal [4]).

[Fig. 59.]

18 Sept. a 10 h. du matin. dans l'eau de poivre du 16e. Il y en avoit beaucoup de la ſeconde grandeur [Fig. 57] [5]) et tres peu qui eſtoient un peu plus grands et fretilloient en allant.

[Fig. 60.] dans l'eau de poivre du 8e, il y en avoit quantitè de la premiere grandeur [Fig. 58], beaucoup de la ſeconde [Fig. 57] [2]) qui freſtilloient et eſtoient ſans couleur, et outre cela beaucoup de plus petits [Fig. 60] [6]) qui courroient viſte. Peu ou point d'anguilles. Il y avoit beaucoup de pelotons compoſez de 2, 3 ou 4 animaux de la premiere grandeur, ſe tenants

[1]) Comparez la note 9 de la p. 699; mais ici comme dans la Fig. 58 il s'agit probablement de l'infusoire Coleps hirtus.

[2]) Des flagellées.

[3]) Observation intéressante. Peut-être la première application de l'éclairage à fond noir.

[Fig. 61.]

enſemble et roulants ainſi [7]), le jour d'auparavant ils eſtoient la pluspart compoſez de deux [Fig. 61] [8]).

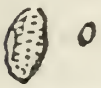
Eod. 18 Sept. au ſoir a 10 h. dans l'eau de poivre du 16e. grande quantitè de la ſeconde grandeur [Fig. 57] avec un mouvement viſte.

19 Sept. dans l'eau de poivre du 16e. grande quantitè de la ſeconde grandeur, qui ſembloient un peu plus grands que le jour d'auparavant. Point de la premiere: ce qui fait voir que la quantitè de poivre les fait naitre plutost, car il y en avoit le 3e jour dans l'eau du 8e.

dans l'eau de poivre du 8e, il n'en paroiſſoit pas beaucoup de la premiere grandeur. Mais apres avoir oſtè la peau de cette eau [9]), en la remuant en meſme temps, et l'avoir laiſſè repoſer peu de temps, j'en tiray grande quantitè.

eodem a 8h du ſoir, dans l'eau de poivre du 16e, quelque peu de ceux de la premiere grandeur [10]), et beaucoup de la ſeconde [Fig. 62] [2]). Ayant un peu remuè cette eau je pris plus de 30 grands a la fois et peu de petits.

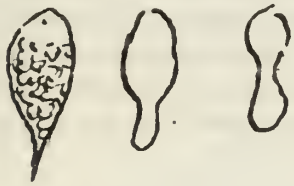
[Fig.62.]



Ayant encore remuè je ne pus prendre que 2 ou 3 grands et beaucoup de petits. Ce qui marque qu'ils ſont placez par trouppes [11]).

20 Sept. dans l'eau de poivre de chez Thuret que M. Romer m'apporta [12]), qu'il diſoit avoir eſte gardée longtemps, et qui n'eſtoit guere colorée; il y avoit une nouvelle eſpece d'animaux de cette figure [Fig. 63] [13]), le devant du corps eſtoit clair et le reſte obſcurci par quantitè d'entrailles ou de bulles, le derriere finiſſoit en pointe ou queue, et en s'arreſtant ils retiroient parfois toute cette queue dans leur corps, et en pouſſoient auſſi quelquefois une autre du coſtè de devant. tant leur corps eſtoit mol et flexible, en mouvant ils ſe mettoient en rond. Je les vis quelque fois de de cette figure [Fig. 64] ou ainſi [Fig. 65]. Il y en avoit dans la

[Fig. 63.] [Fig. 64.] [Fig. 65.]



---

4) On sait que cette hypothèse est inexacte quant aux infusoires dont il s'agit, puisqu'ils se meuvent à l'aide de cils qui généralement étaient invisibles sous les microscopes de Huygens et de ses contemporains. Toutefois il y a des organismes (p. e. Astasia) qui exécutent de pareils mouvements péristaltiques.

5) Voir la note 16 de la p. 705.

6) Des bactéries.

7) Comparez la note 1 de la p. 700.

8) Des conjugaisons d'infusoires?

9) C'est-à-dire la pellicule formée par des bactéries.

10) Coleps hirtus?

11) Observation très juste qui s'explique par le fait que les infusoires s'accumulent aux endroits où ils trouvent une certaine tension de l'oxygène.

12) Comparez la p. 704.

13) Comparez les pp. 124 et 141 du T. VIII, où ces animaux de forme variable sont indiqués

mesme eau des ordinaires [Fig. 56] et une infinitè de tres petits, qui remuoient viste [1]).

[Fig. 66.]

21 Sept. dans l'eau de poivre du 16e. il y avoit bon nombre des ordinaires de la prem. grandeur [2]), et grande quantitè de ceux de la seconde [3]) qui courroient viste de tous costez. Vu derechef de ces grands a queue dans l'eau de Thuret. quelquefois le devant estoit estroit et le derriere plus large ainsi [Fig. 66], et alloient de cette façon. Se changeant par apres en toute sorte de figures.

25 Sept. dim. Dans l'eau de cloux de girofle ou j'avois adjoutè de l'eau le jour d'auparavant. Tout fourmilloit de petits animaux, comme cy devant [1]). Je jettoy une grande partie de cette eau, et y en remis de fraiche. Dans mon eau de poivre du 8e. beaucoup de la premiere grandeur mais beaucoup plus de la seconde. Des grands il y en avoit d'attachez 2 a 2 et 4 a 4 [4]).

Dans l'eau de Thuret du 20e, peu de ces grands à queue. Une infinitè de petits qui fourmilloient, et sembloient estre devenus un peu plus grands qu'ils n'estoient le 20e.

27 Sept. l'eau de poivre du 16e estoit presque toute sechée. J'y en remis d'autre dessus.

28 Sept. Dans cette eau il y avoit une fourmilliere de petits animaux de cette figure et grandeur comparée aux autres [Fig. 67] [5]). Il y avoit aussi quelques animaux de la premiere grandeur [2]) mais moins transparents a cause de quantitè de bulles dont elles sembloient remplies ou composees [Fig. 68] [6]). Mais il y avoit outre cela bon nombre de la grandeur extraordinaire [Fig. 69] fort transparents. plats par dessous et ayant le dos elevè comme des tortues, j'en vis

[Fig. 67.] [Fig. 68.]

par la lettre D, et la p. 213 du même Tome. On les retrouve dans les observations du 21 et 25 septembre et du 7, 18 et 29 octobre, qui suivent. Quant à leur nature, on pourrait penser au genre Stentor; mais alors on s'explique difficilement que Huygens n'aurait pas vu les cils du péristome; de l'autre côté ils semblent de trop grandes dimensions pour les prendre pour des flagellées en voie de métamorphose amibienne. Ajoutons que si l'expression „n'estoit guere colorée" n'exclut pas une légère coloration verte on peut penser à Phacus.

[1]) Des bactéries.

[2]) Voir la note 9 de la p. 699.

[3]) Voir la note 16 de la p. 705.

[4]) Comparez la note 1 de la p. 700.

[5]) Des flagellées.

[6]) Coleps hirtus?

[7]) Comparez les pp. 124 en 141 du T. VIII, où ces animaux sont indiqués par la lettre C, et les observations qui suivent du 29 septembre et du 7 octobre. Peut-être s'agit-il d'un infusoire du genre Spirostomum.

[8]) On peut encore consulter sur ces animaux les pp. 124 et 141 du T. VIII, où ils sont indiqués

[Fig. 69.]

[Fig. 70.]

un de cette grandeur [Fig. 70] [7]) qui se courboit en plusieurs postures. Il y en avoit encore de la mesme grandeur mais de figure ovale qui courroient fort viste et bien plus que ces autres que je viens de dire. leur figure estait telle [Fig. 71] [8]). Ils estoient aussi les plus transparents de tous, quelques uns estoient accouplez deux a deux de cette maniere [Fig. 72] et courroient ainsi.

[Fig. 71.]

[Fig. 72.]

Toute la peau de ces animaux est relevee en petites bosses ou inegalitez; ce qui paroit en les regardant entre le fonds noir et le clair [9]). Ils sont aussi plats par dessous, et ont le dos elevè comme les tortuës.

29 Sept. dans la mesme eau, ou j'en avois adjoutè de fraiche le jour d'auparavant, il y avoit moins de petits animaux que cy devant, mais plus des grands et longs, peu des ovales. de ces longs il y en avoit plusieurs attachez ensemble deux a deux ainsi [Fig. 73] l'un tenant l'autre par un endroit pres de la teste. Ces testes paroissoient plus claires que le reste du corps, et vers la queue il y avoit une ou deux taches noires qui peut estre sont des ouvertures. Il y en avoit deux attachez par les testes mesmes et qui sembloient se tourmenter beaucoup pour se separer, sans en pouvoir venir a bout [Fig. 74] [10]). Ceux qui estoient seuls faisoient beaucoup de tours et de culebutes

[Fig. 73.]

[Fig. 74.]

dans l'eau, de mesme que des poissons. Et lors qu'ils rencontroient quelque chose de la teste ils reculoient subitement. Il y avoit aussi des animaux de la

par la lettre B, et les observations du 2, 5, 6 et 7 octobre. C'étaient probablement des infusoires du genre Bursaria.

[9]) Comparez les observations du 17 sept., p. 710.

[10]) Peut-être des spirostomes en conjugaison.

[Fig. 75.] [Fig. 76.]

grandeur ordinaire [1]) [Fig. 75] [2]) qui alloient viſte, et quelques amas de pluſieurs roulants enſemble [Fig. 76] [3]).

2 Oct. dim. dans l'eau de cloux de girofle que j'avois rafraichie le 25 Sept. il y avoit quelques uns de ces grands animaux [Fig. 71] tout pareils a ceux de l'eau de poivre du 28 Sept. Et quelques autres de cette grandeur ordinaire [Fig. 75].

[Fig. 77.]

dans un peu d'eau de poivre, pris il y a quelques jours de la fiole du 8 Sept. il n'y avoit que quantitè de petits [Fig. 77] [4]) et peu de grands [Fig. 75]. J'y mis beaucoup d'eau deſſus.

5 Oct. dans l'eau on avoit trempè de la graine de .... Hire [5]). il y avoit 7 ou 8 jours, je trouvay grande quantitè d'animaux de la ſeconde grandeur [6]), et peu de la premiere [1]). Mais de plus quelques uns de ces ovales de grandeur extraordinaire comme il y en avoit le 28 ſept. dans l'eau de poivre et le 2 oct. dans l'eau de cloux de girofle.

[Fig. 78.] [8])

6 Oct. dans l'eau de poivre du 16 ſept. il n'y avoit rien que beaucoup d'animaux de la premiere grandeur ordinaire [1]), et une fourmilliere de tres petits [7]), les extraordinaires Ovales ni les longs n'y eſtant plus, parce que la taſſe avoit eſtè renverſée, en ſorte que tout le deſſus de l'eau s'eſtoit reſpandu. J'en verſay de fraiche ſur le peu qu'il y reſtoit.

dans l'eau de cloux de girofle, grande quantitè d'Ovales de la grandeur extraordinaire mais de forme un peu plus longue que ceux du 2e oct. [Fig. 79] [9]). Il y en avoit auſſi beaucoup de ces ordinaires [Fig. 75], et peu d'autres fort petits.

[Fig. 79.]

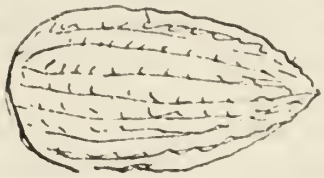
dans l'eau de poivre du 8e ſept. Rien que beaucoup de la premiere grandeur [Fig. 75] [1]), et plus de la ſeconde [6]) fort vifs.

7 Oct. dans l'eau de cloux de girofle, des grands extraordinaires en Ovale comme hier, et d'autres de pareille forme et grandeur mais moins tranſparents ayant le corps plein comme de petites bulles jaunatres qui ſembloient rouler dedans pendant que l'animal courroit. le devant terminoit en pointe [Fig. 80] [10]) qui n'eſtoit pas de coſtè comme aux autres plus tranſparents. Il y en avoit auſſi

---

[1]) Voir la note 9 de la p. 699.
[2]) Glaucoma?
[3]) Voir la note 1 de la p. 700.
[4]) Des flagellées.
[5]) C'était donc une infusion qui avait été préparée par de la Hire. Consultez sur lui la note 1 p. 282 du T. VIII.

[Fig. 80.] [Fig. 81.]



[Fig. 81] [10]) dont la peau eſtoit avec des rayes, ainſi. de plus de ceux de la premiere grandeur [1]) mais preſque ronds [Fig. 82].

Dans l'eau de poivre du 16 ſept. qui avoit eſtè renverſée, il y paroiſſoit derechef quelques uns des longs de grandeur extraordinaire [11])point d'ovales. bon nombre de petits de la 2e grandeur [Fig.77].

[Fig.82.]

dans l'eau.... Hire comme le 5. oct. mais moins de grands extraordinaires. ceux de la premiere grandeur paroiſſoient à peu pres ronds [Fig. 82], avec quelques inegalitez.

dans l'eau de poivre de Thuret [12]) du 20e une fourmillere de ceux de la feconde grandeur [6]). Et peu de ces grands a queue [13]) [Fig. 83].

[Fig. 83.] [Fig. 84.]

18 Oct. dans l'eau de poivre du 8e ſept. que je n'avois regardée depuis pluſieurs jours, je trouvay tres grande quantitè de ces animaux a queue [Fig. 84] comme dans l'eau de Thuret. Ils paroiſſent plus bruns que tous les autres, ſoit a cauſe de leur entrailles ſoit a cauſe des petites boſſes par dehors. Vers la partie de devant ils ſont plus tranſparents. La queue ſemble quelque fois double, mais c'eſt une deception de la vüe, et quand ils nagent à la veritable diſtance ou ils paroiſſent le plus diſtincts, la queue n'eſt que ſimple. Ces animaux ſont ronds et non pas plats.

[Fig. 85.]

Il y en avoit quelques uns de la grandeur ordinaire [Fig. 75], et beaucoup de plus petits et un peu longs [Fig. 85] [4]).

29 Oct. dans la meſme eau peu de ces grands a queue. Peu de la grandeur un peu plus qu'ordinaire [Fig. 86] [2]). Une infinitè de petits [Fig. 85] qui eſtoient fort vifs [4]).

---

[6]) Voir la note 16 de la p. 705.
[7]) Des bactéries.
[8]) On peut comparer cette ébauche d'un des microscopes à boulettes dont Huygens s'est servi pour ces observations avec les figures de la planche vis-à-vis de la p. 113 du T. VIII et avec la Fig. 13 de la p. 683 du Tome présent.
[9]) Colpoda cucullus?
[10]) Probablement des infusoires du genre Holophrya ou Enchelys.
[11]) Voir la Fig. 70.
[12]) Voir la p. 711.
[13]) Voir la note 13 de la p. 711.

[Fig. 86.] [Fig. 87.] [Fig. 88.]

Dans l'eau de coriandre mise depuis 8 ou 10 jours, beaucoup de presque ronds [Fig. 87] [1]), allants assez lentement. d'autres avec des queues [Fig. 88] [1]). d'autres plus petits allant viste [Fig. 85] [1]). d'autres tres petits et vifs à peine visibles.

25 Nov. dans l'eau de Coriandre que m'apporta le faiseur d'instruments Butterfield [2]) il y avoit, outre quantitè de ces animaux de mediocre grandeur, de fort grands de cette figure [Fig 89] [3]) le bout A allant devant. Ils tournoient toujours en rond comme un cheval qui fait le manege, le costè C estant interieur.

[Fig. 89.]

26 Nov. dans l'eau de poivre longtemps gardee que m'avoit apportè Mr. Romer [4]) il y avoit une nouvelle sorte de grands animaux de cette forme [Fig. 90] [5]) estant attachez par une longue queue à quelque tas d'ordure ou de graisse, qui demeuroit ferme la pluspart. Et l'animal n'avoit point d'autre mouvement sinon que de temps en temps il reculoit fort subitement sur sa queue qui se tortilloit alors comme dans cette seconde figure.

[Fig. 90.]

Puis il se remettoit d'abord comme auparavant. Ils sembloient avoir une bouche tres large qui s'ouvroit quand la queue estoit estendue et l'eau sembloit circuler par cette bouche, contre laquelle de petits animaux venoient s'elancer souvent, sans pourtant jamais y entrer. dans les entrailles il y avoit bien de choses a voir, comme des bulles ou des oeufs. le corps est rond comme une nesle.

22 Dec. Je mis de l'eau de poivre dans une petite fiole à geler a l'air, apres quoy l'ayant fait degeler, je trouvay tous les petits animaux morts ou sans mouvement. Mais 2 jours apres ils estoient revenus [6]).

Eod. Je mis une fiole avec de l'eau de poivre ou il y avoit

[Fig. 91.] des animaux [Fig. 91] [1]), dans de l'eau bouillante, et la laiſſay quelque temps. l'ayant en ſuite oſtée et laiſſè refroidir tous les animaux eſtoient morts et 3 jours apres il n'y parut encore rien de vivant [7]).

1679 [8]).

Principiis Jan. dans mon eau de poivre du 9 Sept. que j'avois miſe dans la cheminée pour la preſerver de la gelée, je trouvay de ces animaux à queue comme le 26 nov.: et j'en vis un qui alloit en trainant ſa queue apres qui n'eſtoit attachée à rien.

Ainſi tous les meſmes animaux ſont venus dans cette eau, que dans celle de M. Romer [4]) du meſme poivre, mais plus tard dans la miene parce qu'elle avoit eſtè miſe plus tard à infuſer.

[Fig. 92.] [Fig. 93.]

5 Avril. mis du poivre de M. Romer dans de l'eau.

le 8e [Avril] quelque peu de petits animaux de cette grandeur [Fig. 92] [1]) et grande quantitè de tres petits allant viſte [9]).

18 Avril. Outre les precedents, beaucoup de ces longues anguilles qui avancent lentement tantoſt d'un coſtè tantoſt de l'autre [10]). Il y en avoit qui n'avoient que la moitiè ou le tiers des autres en longueur [Fig. 93].

---

[1]) Des flagellées.

[2]) Butterfield publia en 1677 à Paris un ouvrage sur un niveau d'une nouvelle construction et en 1681 sur un odomètre nouveau. En 1678 il décrivit sa manière de construire les microscopes à boulettes „importés de Hollande par M. Hugens" dans une lettre qui fut insérée en partie dans les Phil. Trans. de sept., oct. et nov. de cette année, p. 1026—1027. Il y est appelé Constructeur du Roi pour les instruments mathématiques. Il mourut à Paris le 28 mai 1724.

[3]) Un infusoire du genre Chilodon?

[4]) Voir, sur cette infusion, les observations du 14 et 30 août, du 20, 21 et 25 sept., du 7 oct., du 26 nov. 1678 et du 1 janvier 1679.

[5]) Comparez les pp. 124, 125, 141 et 166 du T. VIII et les observations qui suivent du 1 janvier, 24 et 29 juin et 3 juillet 1679 et de même celles du 29 août, 2, 3, 5, 6, 7, 19, 21, 26 et 27 septembre 1692. Il s'agit dans ce qui suit de la nutrition de la vorticelle (Vorticella convallaria?) à l'aide de la circulation dans le péristome causée par le mouvement des cils qui ne sont pas indiqués dans la Fig. 90.

[6]) On connaît la grande résistance au froid des infusoires et des bactéries.

[7]) Comparez la note 5 de la p. 525.

[8]) On trouvera aux p. 204—205 du T. VIII un résumé des observations microscopiques faites dans cette même année par le frère Constantyn.

[9]) Des bactéries.

[10]) Voir la note 11 de la p. 709.

24 Juin. Dans la mesme eau plusieurs mediocres [Fig. 75] [1]), plusieurs grands a queue comme du 26 Nov. 1678. des anguilles comme le 18 avril dernier grande quantitè. Et une autre sorte de cette figure [Fig. 94] avec de petits pieds par devant. Ils alloient d'une estrange vitesse souvent en rond et en tournant fort court [2]).

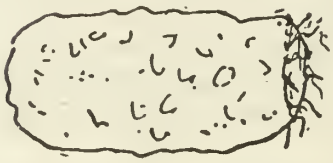
[Fig. 94.]

Il y avoit aussi de grands, a peu pres comme ceux de 25 Nov. 1678, ils alloient aussi fort viste mais non pas encore tant que ces autres que je viens de descrire. Il y en avoit encore de tres petits en quantitè [Fig. 95] qui courroient comme les ordinaires mediocres. de sorte qu'il y en avoit de 6 especes differentes tout a la fois dans cette eau.

[Fig. 95.]

Je remarquay, en continuant d'observer, que ces grands qui alloient viste, n'estoient pas comme ceux du 25 Nov. [3]) mais tels [Fig. 96], avec des pieds par devant, et que ces animaux se racourcissoient quelquefois subitement, comme ceux a queue du 26 Nov. Peut estre de ceux cy viennent ceux a longues queues [4]).

[Fig. 96.]



Il y en avoit de ronds [Fig. 97] attachez deux a deux et souvent 3 ou 4 ensemble [Fig. 98] [5]). Et il sembloit qu'il y eut de petits oeufs attachez tout autour d'eux qui flottoient comme tenants par des petits filets.

[Fig. 97.]

[Fig. 98.]

E'od. 24 Juin. Mis du poivre bien lavè dans de l'eau de fontaine, et fermè la fiole d'une piece de chamois liée sur le col; pour voir s'il y naistra des animaux [6]). Mis dans une autre fiole ouverte du mesme poivre dans de la mesme eau.

26 [Juin] quantitè d'anguilles dans la fiole ouverte, et quelques mediocres [Fig. 99] [7]). dans la fermée moindre quantitè d'anguilles et de ces mediocres.

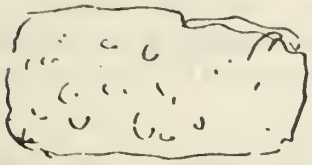
---

[1]) Glaucoma?
[2]) Bodo saltans?
[3]) Voir la Fig. 89.
[4]) Très probablement il s'agissait en effet de vorticelles dans l'état libre.
[5]) Probablement les figures 97 et 98 représentent du tissu végétal.
[6]) Comparez la note 5 de la p. 525.
[7]) Des flagellées.
[8]) Peut-être c'étaient encore des vorticelles libres; mais la Fig. 100 représente plutôt une particule de tissu végétal.

[Fig. 99.]

29 Juin. une infinitè d'anguilles dans la fiole ouverte, avec plusieurs grands a queue comme du 26 nov. 1678. Et d'autres grands et longs [Fig. 100] qui couroient viste, et vers la fin avoient ce mesme mouvement soudain et convulsif en se resserrant en eux mesmes, comme les grands a queüe [8]). Il y en avoit de ceux qui n'avoient points de queüe, d'autres ou elle estoit courte.

[Fig. 100.]

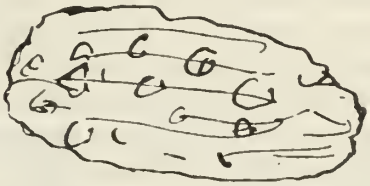


3 Juill. dans la fiole fermée aussi bien que dans l'ouverte il y avoit de ces grands animaux qui courroient tres viste et des grands a queue, outre quantitè de mediocres et une infinitè d'anguilles.

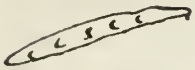
3 Aoust. dans de l'eau ou des fleurs du rosmarin et de la lavende avoient trempè avec leurs queues pendant 4 ou 5 jours je trouvay tres grande quantitè d'animaux ordinaires [Fig. 75], plusieurs de cette figure et grandeur [Fig. 101] qui courroient d'une grande vitesse; et d'autres fort grands [Fig. 102] [9]) qui courroient aussi bien viste et souvent en tournoiant. Il y avoit aussi quelques corps morts de cette figure [Fig. 103] [10]) dont il y en a aussi une grande quantitè dans une petite bouteille d'eau de poivre. Et je ne me souviens point d'en avoir jamais vu de vivants de cette forme [11]). Il semble que tous ces animaux vienent de dehors, ou des oeufs que des animaux qui nagent dans l'air vienent pondre sur ces eaux corrompues.

[Fig. 101.]

[Fig. 102.]



[Fig. 103.]

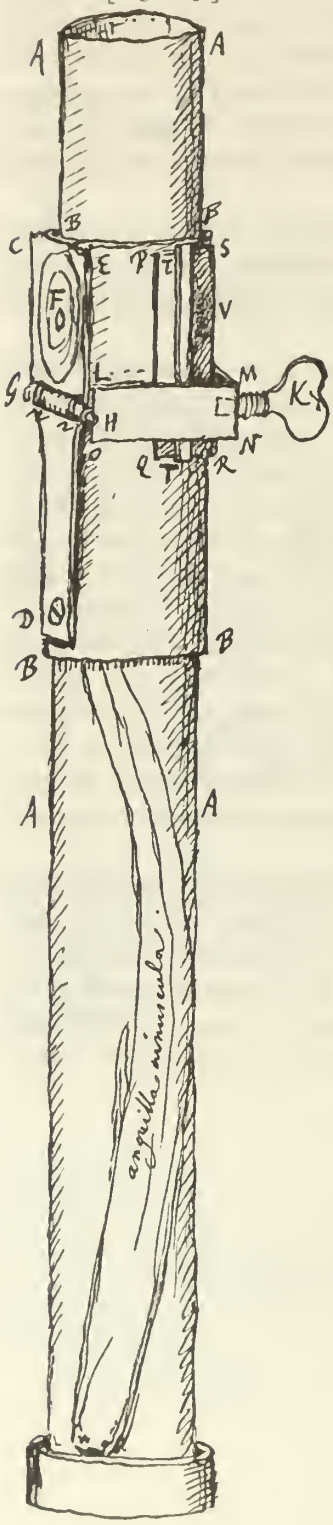


7 Mart. 1680. Regardè de mon urine que j'avois gardée 3 ou 4 jours dans une tasse de porcelaine ouverte. Il y surnageoit une petite peau comme de quelque graisse, dont ayant mis dans le microscope, c'estoit une infinitè de petits animaux qui remuoient tous et se mesloient les uns parmy les autres, mais je n'en pus distinguer aucune figure a cause de leur petitesse, ils paroissoient ronds [Fig. 104].

[Fig. 104.]

[9]) Un infusoire du genre Bursaria?
[10]) Peut-être des spores de Fusarium ou d'un genre voisin.
[11]) Comparez une observation du 31 août 1678, p. 707.

[Fig. 105.]



[Deuxième Partie.] [1])

'Εγχελυσκοπιον [2]),

ad conſpiciendum circuitum ſanguinis in cauda anguillæ microſcopio obverſæ, quod vitreo tubo extrinſecus applicatur [3]).

AA tubus vitreus. BB tubus æneus vitreum arcte amplectens; ſed ita ut non claudatur, ſed rima apertus maneat ſecundum SRB, nempe oppoſitâ oculo regione.

huic tubo affixa eſt lamina DCE cochleola D.

Laminæ imponitur lenticula microſcopij F. quæ ut ad debitam diſtantiam à viſibili adducatur, ipſa quidem lamina elatere ſuo à tubo recedere conatur parte ſuperiori, ſed cincturâ quadratâ LONM, cujus latus GH axiculo jungitur per annellos ZZ trajecto; hac inquam cincturâ, cui inſerta eſt cochlea K, propius ad tubum attrahi poteſt lenticula F. Premit enim converſa hæc cochleola, non quidem tubum æneum BB, qui ea parte apertus eſt, ſed involucrum aliud cylindricum PQRS, cujus dimidium hic apparet, quodque per extans repagulum TT, et ipſi ex altera parte reſpondens liberè tranſit. In quo etiam foramen moderandæ luci [4]) ex adverſo lenticulæ F. Hoc involucrum dum cochlea K premit, attrahitur lenticula verſus tubum. Hoc modo diverſæ craſſitudinis tubis microſcopium applicari poterit, propter apertum uno latere tubum æneum BB. Qui cum ſit mobilis, poterit quovis loco defigi lenticula F.

tubi BB latere quæ non coeunt, incidenda utra-

[1]) Cette partie contient des observations de l'année 1692. La première qui suit est empruntée à la p. 73 du Manuscrit II et doit, d'après le lieu qu'elle occupe, dater du printemps de 1692.

[2]) ἔγχελυς = anguille.

[3]) Consultez encore sur cette observation le dernier alinéa de la p. 523 du Tome présent.

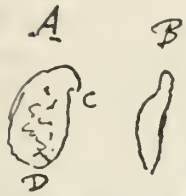
[4]) Consultez sur le rôle de ce trou le dernier alinéa de la p. 521 et la note 6 de cette page.

que nonnihil verſus V, ut pateat totum foramen involucri PQRS quod lucem admittit.

Hofwijck 22 Jul. 1692 [5]).

Pendant 6 ſemaines ou un mois il ne s'eſt point trouvè d'animaux dans l'eau de poivre ni de gingembre, juſqu'aù 22 jul. [6])

[Fig. 106.]

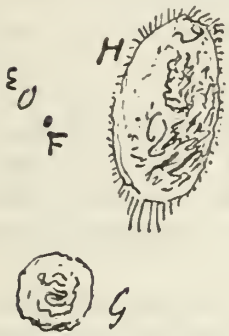


du 22 Jul. juſques au 29.e il y a paru des animaux de la forme A [Fig. 106] [7]) qui eſtant vus d'un autre ſens n'avoient d'epaiſſeur que comme en B. Ils eſtoient un peu pliez en dedans en C, et avoient en D un petit endroit rond, plus clair que le reſte, quoyque par tout tranſparents, et marquetez irregulierement.

Ils alloient fort viſte et ſouvent par un mouvement ondoiant. et ſe ſecouant de coſtè et d'autre.

29 Jul. apres diner un animal H [Fig. 107] [8]), deux fois plus long et large que les precedents, ayant des taches plus obſcures en quelques endroits, une apparence de queue derriere, et comme de petits pieds en quantitè par devant.

[Fig. 107.]



Il y avoit auſſi deux ſortes de fort petits animaux E [9]) tranſparent et F [10]) non tranſparent, qui ne courroient pas viſte.

Ce grand ſe remuoit par des boutades ſoudaines et preſque touſjours en tournoiant. de ceux d'en haut il y en avoit peu. Je vis quelques ronds comme G, avec des entrailles et un qui alloit de coſtè, et d'autres en tournoiants. Je crois que ce ſont des animaux A ramaſſez, ou tranſformez en ronds.

31 Jul. Peu de grands, quantitè de tres petits qui paroiſſent comme des points noirs, ayant aſſez de mouvement.

1 Aug. dans de l'eau de pluie ou avoit eſtè raspè un peu de gingembre il y avoit 4 ou 5 jours quantitè de petits animaux.

---

5) Les observations qui suivent, faites entre le 22 juillet et le 25 octobre de l'année 1692, ont été décrites sur les pages vides d'un almanach de l'année 1686.

6) Toutefois des bactéries doivent avoir apparu; mais dans les observations qui suivent il semble que Huygens ne s'est presque plus occupé de ces organismes les plus petits.

7) Cette forme A reparaîtra dans les Fig. 114, 118 et 125. Elle appartenait sans doute à un infusoire du genre Colpoda (Colpoda cucullus?).

8) Un infusoire du genre Oxytricha ou Stylonychia mytilus? Voir encore les Fig. 108 et 109.

9) Des flagellées. Comparez les Fig. 124 et 127.

10) Des bactéries.

dans l'eau de poivre, en plusieurs prises seulement un animal A. Item un comme H, et quelques ronds G, mais immobiles, et quelques fort petits.

4 Aug. [1]) un animal comme H auquel il sembloit que tout autour il y avoit de petits pieds. A la teste il y avoit quelque chose qui remuoit et fretilloit continuellement. Et je remarquay que vers cette teste estoient attirez tous les petits brins d'alantour, et qu'en y arrivant ils estoient repoussez, de sorte qu'on y voioit comme une circulation perpetuelle [Fig. 108] [2]). Il y avoit un autre animal plus petit que A, qui courroit extremenent viste. Le grand estant demeurè à sec j'y remis de l'eau, et il recommenca d'agir. La seconde fois il y parut deux de ces grands H. Je remarquoy fort bien la circulation dans l'un qui couroit moins; et vis qu'à mesure que les brins attirez approchoient de sa bouche ils alloient plus viste. Ensuite par 2 ou 3 fois je ne pris rien. Apres derechef 3 grands H. Apres 2 grands pareils. l'apres diner je montray de ces animaux a Mons. et Mad. Timmerman et Mesdam. Voet, &c. [3])

[Fig. 108.]

5 Aoust. 2 gros H [Fig. 107], et 3 petits K [Fig. 108] [4]) comme hier qui alloient fort viste Apres 6 K. Apres deux fois rien. Apres 1 K. Apres 1 H et 5 K. J'adjoustay encore de l'eau a la goute qui commencoit a secher. Alors j'en vis 2 H et 6 K. Je remarquay que c'estoit comme quelque cavitè ou bulle qui fretilloit a la teste des animaux H, et qui faisoit des battements tres vistes. Le profil des animaux H estait comme la Fig. L.

7 Aug. J'avois ajoutè de l'eau de pluie fraiche dans l'eau de poivre le jour d'auparavant. Je pris la premiere fois 10 H et 25 ou plus de K. la largeur des H egaloit celle d'un cheveu.

7 Aug. dans l'eau de Gingembre un animal K, et quelques tres petits E et F. le K tournoit beaucoup en faisant des ronds avec grande vitesse.

8 Aug. Beaucoup de tres petits F dans toutes deux les eaux. Je repandis beau-

---

[1]) On trouve encore sur une autre page l'annotation suivante:

„le 4e Aug. dans de l'eau ou j'avois raspè un peu de gingembre il y avoit 8 jours j'en adjoutay quelques morceaux.

5 Aug. il n'y avoit encore que des tres petits animaux dans cette eau. Il y en avoit qui alloient en tremblant."

coup de l'eau de poivre. J'eus pourtant 3 grands H, qui ſembloient eſtre crus. beaucoup de K. les grands n'avancent jamais qu'ils ne reculent auparavant par un ſaut en arriere. Apres j'eus 12 H, et beaucoup de K et d'F. les K quand l'eau ſe deſeche, ſe mettent a tourner vite en eux meſmes. Apres 8 H. les uns eſtoient d'un tiers plus longs que les autres.

[Fig. 109.]

H un peu en grand [Fig. 109] vers le derriere ils ſont plus tachetez et plus bruns.

10 Aug. dans l'eau de gingembre quantitè de tres petits, et quelque E en tremblottant.

dans de l'eau de poivre comme devant.

dans l'eau ou le ſoir d'auparavant j'avois mis un oeillet et quelques jaſſemins par les queues je vis 3 E avec mediocre viteſſe.

13 Aug. des grands H par vintaines et des K.

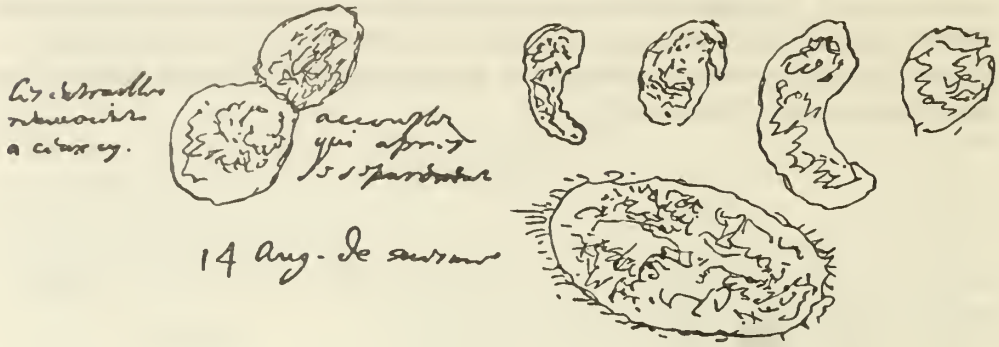
---

[2]) On lit encore en marge: „je pense qu'elle se fait par le moien des petits pieds qui sont tousjour en mouvement a l'endroit de la teste"; observation très juste puisqu'il s'agit de la circulation causée par les cils du péristome d'une Oxytricha ou Stylonychia.

[3]) Personnages Hollandais qu'on ne rencontre nullepart dans la correspondance de Christiaan Huygens. Peut-être „Mons. Timmerman" était-il Georgius Timmerman, avocat à la Cour de Hollande, natif d'Amsterdam, qui se maria en 1655 avec Cornelia De Ruyt de la Haye, et les „Mesdam. Voet" peuvent avoir été des soeurs de Paulus Gysbertus Voet, natif d'Utrecht, demeurant à Harlem et qui se maria en 1695 avec Yda Barra d'Amsterdam.

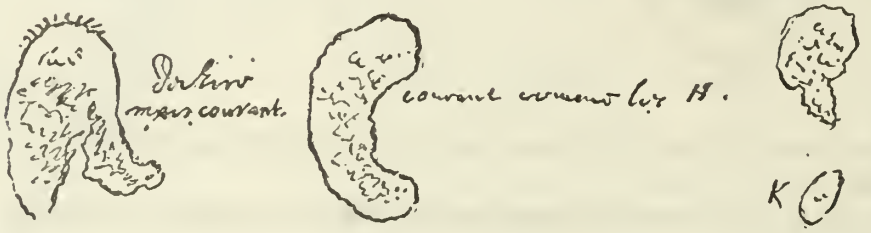
[4]) Comparez la note 9 de la p. 699. Ces K, qu'on retrouve aux Fig. 112, 114, 115 et 118, appartenaient probablement au genre Glaucoma.

[Fig. 110.]



14 Aug. un rond moins grand que les H qui ſauta tantoſt ſur l'un tantoſt ſur l'autre des H, et y demeuroit attachez. un H derriere dechirè qui ne laiſſoit pas de courir [Fig. 111].

[Fig. 111.] [Fig. 112.]



15 Aug. [Fig. 112] dans l'eau de gingembre qui alloit comme les H, ſans pourtant reculer comme eux. quelques K.

dans l'eau de poivre comme auparavant.

16 Aug. dans l'eau de poivre comme devant. dans l'eau ou j'avois mis 5 jours auparavant de la gr. beaucoup de fort petits tres vites [1]), quelques K auſſi tres vites. Et 2 ou 3 grands informes [Fig. 113] qui tournoient.

[Fig. 113.]

19 Aug. ibidem les petits comme le 16e un grand H des plus grands. d'ou peut il eſtre venu ſinon de l'air?

l'eau de poivre comme devant.

20 [Aug.] dans l'eau de gr. les petits preſque tous evanouis, un grand H.

l'eau de poivre comme devant.

23 [Aug.] dans l'eau de gr. 3 grands H; puis 2 H. point d'autres.

---

[1]) Des bactéries.

[2]) Voir aussi les Fig. 106, 118 et 125.

dans l'eau de gingembre quantitè de tres petits avec aſſez de mouvement, point d'autres.

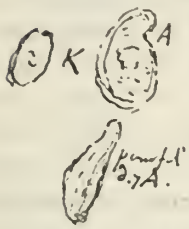
dans l'eau de poivre comme devant, ſcavoir des grands H, mais les uns de moitiè plus grands que les autres. des K fort viſtes. Il y en a qui demeurent ſouvent long-temps immobiles puis courent comme les autres.

Aug. 24. l'eau de gr. peu de grands.

Eau de ging. 2 A comme le 22 Jul. beaucoup de K et des forts petits mais moins que hier.

Eau de poivre comme hier.

[Fig. 114.]



[Aug.] 26. dans l'eau de poivre comme devant.

Eau de Gingembre infinitè de K tres viſtes, et quelques A [Fig. 114] [2]) aſſez grands et fort tranſparents. Eau de gr. peu de K et quelques tres petits.

Dans l'eau de pluie ou j'avois mis il y avoit 2 jours du Coffè broiè comme dont on prend dans la boiſſon, je trouvay tout plein de tres petits, à peine viſibles, qui fourmilloient et remuoient continuellement [1]). il y en avoit par milliers. et un un peu plus grand, qui alloit mediocrement viſte.

NB. aoutes ces eaux qui eſtoient de pluie j'en adjoutois un peu de fraiche preſque tous les yours, autant qu'il en deſeichoit. Elles eſtoient dans de petites taſſes de porcelaine ouvertes.

27 Aug. Eau de poivre, 4 ou 5 grands H a la fois, tres peu de K.

Eau de gingembre comme hier, ſcavoir quantitè de K, qui s'aſſemblent tous vers le milieu de la goute, et courent tres viſte les uns parmy les autres, et quelques A.

Eau de gr. quelques H, et quelques K.

Eau de Coffè, infinitè de tres petits comme hier.

28 Aug. Eau de poivre, grands H et des K mediocrement.

Eau de gr. rien de vivant.

[Fig. 115.]

Eau de ging. comme hier. J'en vis 2 K accouplez [Fig. 115] qui courroient enſemble.

Eau de Coffè comme hier.

Eau ou il y avoit eu pendant 7 ou 8 jours les queues d'un bouquet d'oeillets, pluſieurs grands H, et plus de K. Item quelques ronds P [Fig. 116] [3]) qui ſont (comme je penſe avoir obſervè autrefois) des K, 2 ou 3 joints enſemble [4]). Ils ne laiſſent pas de courir ainſi, et de tourner ſouvent en pirouettant. Il ſeroit eſtrange que le poivre, le gingembre, et ces queues de fleurs, engendraſſent tous les meſ-

[Fig. 116.]

[3]) Voir aussi les Fig. 119 et 124.

[4]) Comparez la p. 700 et surtout la note 1 de cette page; mais il s'agit ici probablement d'une observation inexacte.

mes animaux. C'eſt pourquoy il eſt plus probable qu'ils vienent de l'air attirez par l'odeur. Mais pourquoy meurent ils donc ſi toſt que la goute ſeiche dans le microſcope? Mr. Hartſoeker [1]) vouloit qu'il vient de tres petits mouches de l'air, qui faſſent des oeufs dans ces eaux, et que de la naiſſent ces petits animaux. Mais on n'y voit jamais ces mouches, ni on ne voit pas que ces animaux H de petits devienent grands, ſinon que tout au plus il y en a qui ſont la moitiè ſi longs que les autres. Il ſe peut que les animaux aiant une fois paſſè dans l'eau, ne ſcauroient vivre par apres sans elle; comme les enfants quand ils ont une fois reſpirè l'air, ne peuvent pas s'en paſſer en ſuite.

29 [Aug.]. Eau de gr. un grand a queue M [Fig. 117] [2]), comme j'en ai autrefois obſervè a Paris [3]). Cettuicy avoit ſa queue ſans eſtre attachée a rien. Il la retiroit de temps en temps, et alors elle eſtoit tournée et tordue pres du corps. puis l'etendoit derechef. elle eſtoit fort claire. Il n'y avoit point d'attraction vers la bouche, qui ſembloit pourtant ſe fermer et rouvrir, il y avoit bien des facons aux entrailles.

[Fig. 117.]

30 [Aug.] Eau de gr. un grand H. rien de plus.

Eau de ging. comme le 27 et quelques E. Eau de Coffè, comme le 27.

Eau de poivre comme le 28. Et quelques fort petits [4]).

Eau de bouquet peu de grands H et des K.

31 Aug. Eau de Coffè. tres petits comme devant.

Eau de gr. rien qu'un ſeul petit.

---

[1]) Voir la note 13 de la p. 704.
[2]) Voir encore les Fig. 90, 118, 123, 125 et 127.
[3]) Voir la p. 716.
[4]) Des bactéries.
[5]) Lisez „le 29 juillet".
[6]) Voir aussi les Fig. 108, 112, 114 et 115.
[7]) Voir aussi les Fig. 106, 114 et 125.
[8]) Voir aussi la Fig. 124.
[9]) Les genres des N et des O sont difficiles à déterminer.
[10]) Voir les observations du 8 août, p. 723.
[11]) Voir aussi les Fig. 90, 117, 123, 125 et 127.
[12]) Les spirales adorales.
[13]) Description très exacte de l'anatomie extérieure des vorticelles.
[14]) Voir aussi les Fig. 116 et 124.

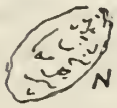
[Fig. 118.] Eau de ging. beaucoup de K. quelques A, beaucoup de petits E comme le 22 Jul. [5])

Eau de poivre beaucoup de grands H. peu de K.

2 Sept. Eau de Coffè je ne vis plus que de tres petits qui remuaffent [4]). Il y avoit quelques petits E, dont quelques uns trembloient.

Eau de gr. 2 ou 3 petits E.

Eau de ging. beaucoup de K [Fig. 118] [6]), quelques A [Fig. 118] [7]) quelques N [Fig. 118] [8]) plus petits que les H, et fans pieds, qui alloient en chancellant. plufieurs E. quelques O [Fig. 118] [9]) plus grands que les K, qui fautoient un peu en arriere comme les grands H [10]).



Eau de poivre quelques grands H. gueres de K. quelques E. Un M à queue [Fig. 118] [11]). En fe retirant fur fa queue qui tenoit a quelques ordures, il devenait rond. puis en fe relachant il prenoit la figure cy jointe, et paroiffoit manifeftement ouvrir comme une large bouche, devant la quelle parfois il y avoit une forte circulation de brins d'ordure. Il y avoit deux avances Q [12]), lefquelles il me femble qu'il remuoit alors fi vifte qu'elles echappoient a la vue; et je crois que par ce mouvement il faifoit circuler la matiere devant luy. Ses entrailles eftoient a peu pres comme dans la figure, et bleuatres [13]).

3 Sept. Eau de ging. beaucoup de A, et beaucoup de K. Et un M.

Eau de poivre beaucoup de H, et plufieurs K.

Eau de Coffè, rien qu'un petit E.

Eau du bouquet dans fa phiole les fleurs aiant eftè oftees il y a 3 ou 4 jours. Plufieurs grands H, plufieurs A, plufieurs ronds P [Fig. 119] [14]) qui vont en roulant, comme le 28 Aouft. quelques K.

[Fig. 119.] 4 Sept. Eau de bouquet quantitè de H mais non pas fi grands que dans l'eau de poivre, quelques A, quelques K. Un plus grand rond et plat Q [Fig. 120], qui fe tournoit et tourmentoit beaucoup. la feconde fois point de H. la 3e. un H, beaucoup de ronds P, quelques K tres vites. la 4e. et 5e. point de H. plufieurs ronds P. et des K. tres vites.

[Fig. 120.] Eau de Coffè. rien.

Eau de gingembre. beaucoup de K, plufieurs A, plufieurs E qui alloient affez vifte.

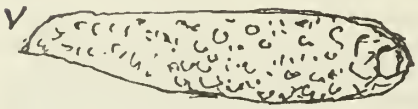
Eau de poivre, la premiere fois point de H, peu de K. la 2de fois

1 H, quelques K. la 3me fois 6 ou 7 H, un fort grand et un qui n'eſtoit que la moitiè ſi long, avec d'autres mediocres. la 4e fois un grand R [Fig. 121] [1]) preſque 3 fois plus long que les grands H. je n'en ay jamais vu de sembable. il n'alloit pas fort viſte, et ſe retiroit preſque en rond pour s'eſtendre et avancer en ſuite et plioit ſa queue comme un grand poiſſon. Sa teſte eſtoit tantoſt comme en R, tantoſt il l'ouvroit comme en S, et alors il y avoit une forte circulation de brins devant elle, causée par le fretillement de ſes petits pieds comme il ſembloit. a la queue il y avoit deux petites avances et une pas loin de la teſte en T [2]). En y adjoutant de l'eau pour le tenir en vie, j'y trouvay plus de 20 H. je devois le peindre plus grand ce R, comme le 26 Sept. [3])

[Fig. 121.]

5 Sept. Eau du bouquet, pas un H en 3 ou 4 fois. beaucoup de K, quelques A. un extraordinaire V [Fig. 122] [4]) plus long que les H. Il alloit aſſez viſte. la teſte vers V eſtoit un peu platte. le reſte du corps rond et tranſparent de ſorte que les taches tout autour du corps ſe voioient en meſme temps, et remuoient les unes ſur les autres en apparence. Eſtant devenu a ſec et applati je vis une maniere de petits pieds tout autour, qui n'avoient point paru quand il vivoit [5]). Il ſemble qu'il devoit donc avoir de tels pieds ou heriſſons ſur tout le corps, puiſqu'il l'avoit rond comme un boiau.

[Fig. 122.]



aux K deſſeichez je vis auſſi une apparence de petits pieds tout autour. peut eſtre on ne les voit pas tant qu'ils ſont dans l'eau, a cauſe qu'ils n'ont pas de refraction differente de celle de l'eau [6]). ou bien parce qu'ils les remuent trop vite. Vers le derriere on y voyoit 2 ou 3 bulles aſſez grandes enfermees dans le corps a ce qu'il ſembloit.

[1]) Un rotatoire des genres Rotifer ou Philodina avec tête rétractée et étendue.

[2]) La palpe dorsale, organe qu'on rencontre chez les genres Rotifer, Philodina, Actinurus et quelques autres. Il n'est visible qu'en regardant l'animal de profil et sa découverte témoigne de la persévérance de l'observateur et de l'excellence de ses microscopes.

[3]) Voir la Fig. 126 à la p. 731.

[4]) Un Amphileptus?

[5]) À cause de la vivacité du mouvement des cils de l'animal.

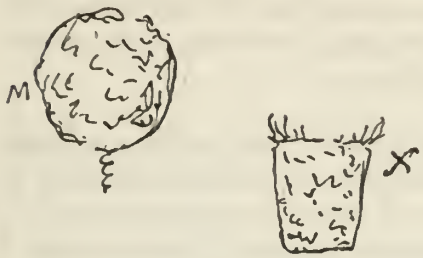
[6]) Supposition ingénieuse, mais inexacte.

Eau de poivre fraichement mise hier, rien de vivant.

Eau de Coffè rien.

Eau de ging. la 1re fois rien de vivant. il y paroissoit quatre M morts avec de petites queues tortillees [Fig. 123] [7]). Et plusieurs O sans mouvement. la 2de fois plusieurs O ou K vivants. et un extraordinaire X [Fig. 123] [8]), qui n'alloit que par petites reprises sans avancer que fort peu.

[Fig. 123.]



Il avoit de petits pieds devant. la 3e fois quantitè de O ou K. peu de A.

Eau de poivre des jours passez plusieurs H, peu de O.

Apres diner. Eau de gingembre, prise au bord, encore un X. trois M à queues, un V mais moins long quelques A.

Sat. 6 Sept. Eau du bouquet 3 M. un X. quelques O ou K.

Eau de ging. un M avec une queue fort longue. plusieurs O ou K.

Eau de poivre plusieurs H et K, quelques petits E avec peu de mouvement.

Eau de poivre du 4 Sept. un K, quelques petits E peu mouvants.

7 Sept. la mesme eau, infinitè de à peine visibles qui remuoient sans cesse [9]).

Eau de bouquet un M.

Eau de ging. beaucoup de K. un M.

Eau de poivre vieille des H et quelques K.

19 Sept. Eau de poivre du 4e Sept. un ou 2 de la grandeur des K mais plus ronds avec peu de mouvement et sans avancer. plusieurs ronds de cette mesme grandeur mais immobiles.

Eau de Coffè. plusieurs K courant a l'ordinaire.

Eau de ging. plusieurs K, plusieurs H, un M sans queue quoyque vivant.

Eau de poivre vielle, plusieurs H, peu de K, 2 M. Et quantitè de tres petits qui tremblottoient et remuoient sans cesse sans beaucoup avancer [9]).

21 Sept. Eau de poivre du 4e Sept. comme le 19 Sept.

Eau de Coffe aussi de mesme.

Item l'eau de ging.

Eau vielle de poivre plusieurs H, plusieurs K, 2 M et les petits de mesme que le 19e.

---

[7]) Voir aussi les Fig. 90, 117, 118, 125 et 127.

[8]) Probablement une vorticelle libre; voir les notes 4 et 8, p. 718.

[9]) Des bactéries.

[Fig. 124.]

Sept. 24. Eau de poivre du 4 Sept. plusieurs petits E [Fig. 124] [1]), remuant. mediocrement. quelques ronds P [Fig. 124] [2]) immobiles.

Eau de Coffè presque rien de vivant.

Eau de gingembre plusieurs grands H, quelques A.

Eau de poivre vieille, beaucoup de H, plusieurs N [Fig. 124] [3]), qui estoient fort plats. plusieurs tres petits fretillans comme le 19 Sept.

26 Sept. Eau de poivre du 4 Sept. toute pleine de petits E qui couroient, et fourmilloient sur tout pres d'un certain corps transparent immobile, et pres des autres ordures.

Eau de Coffè, rien.

Eau de poivre qui avoit estè couverte et enfermée d'un cuir de chamois depuis le 4e Sept. Estoit un peu moisie, et a peine quelque chose de vivant. cela peut avoir entrè par les pores du chamois [4]).

[Fig. 125.]

Eau de gingembre plusieurs grands H. beaucoup de A [Fig. 125] [5]) quelques K fort vistes. deux joints ensemble Y [Fig. 125] [6]) de l'espece des M [7]), n'avoient qu'une seule queue, qu'ils retiroient et tournoient en vis comme les M. un V comme le 5e Sept. qui tournoiet dans sa place continuellement.

Eau de poivre vieille. beaucoup de H quelques A. derechef deux joints a queue comme Y. un fort grand comme en R, T, S [Fig. 126] [8]) le 4e Sept. Il estoit plus de 3 fois si longs que les grands H. Il sembloit avoir un autre corps Z au dedans [9]), comme un des V [10]), moins transparent et qui l'enfloit un peu en cet endroit. Pour avancer il retiroit toute sa queue dans le corps et puis avancoit avec la teste en estendant derechef la queue. Il retiroit aussi souvent sa teste dans le corps et changoit sa figure en une infinitè de manieres. quelquefois il ouvroit une bouche large comme en S. Ses mouvements estoient assez lents [11]). le corps rond. Il y avoit encore une infinitè de tres petits comme des points qui

[1]) Voir aussi les Fig. 107 et 127.

[2]) Voir aussi les Fig. 116 et 119. Peut-être c'étaient cette fois de grandes flagellées arrondies par la mort.

[3]) Voir aussi la Fig. 118.

[4]) Comparez la note 5 de la p. 525.

[5]) Voir aussi les Fig. 106, 114 et 118.

[6]) Une vorticelle en division.

[7]) Voir les Fig. 90, 117, 118, 123 et 127.

[8]) Voir aussi la Fig. 121.

[9]) C'était l'intestin du rotatoire.

[10]) Voir la Fig. 122.

[Fig. 126.]

courroient ſans ceſſe. auſſi pluſieurs N fort viſtes. Je peſchay encore plus de 10 fois, mais je ne trouvay point de pareil au grand RT, ni de doubles à queue comme Y.

Sept. 27. Eau de poivre du 4 Sept., que j'avois couverte en liant une piece de chamois ſur la petite taſſe de porcelaine. J'y trouvay grande quantitè de tres petits a grand peine viſibles [12]). qui peut eſtre avoient paſſè a travers le chamois. Il y avoit du moiſi ſur l'eau, et elle ſentoit mauvais. j'oſtay le moiſi, et ajoutay un peu d'eau de pluie.

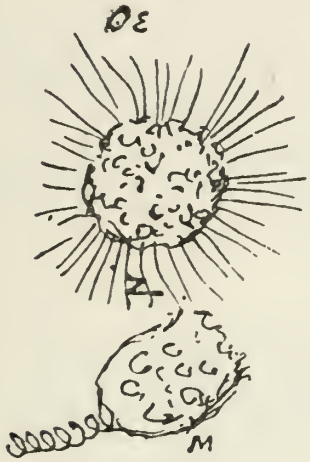
Eau de Coffè, tres peu de vie dans des fort petits.

Eau de poivre ouvert du 4 Sept. toute plein de petits E, qui courroient continuellement.

Eau de ging. peu de H, quelquefois beaucoup des E, et peu de K.

Eau de poivre vieille beaucoup de H, pluſieurs N, 2 ou 3 M a queue. quantitè de tres petits comme points noirs qui remuoient beaucoup, comme hier. peu de K.

[Fig. 127.]



Oct. 4. Eau de poivre du 4e Sept. toute pleine de petits E [Fig. 127] [13]) dont quelques uns quelques fois ſe meuvent bruſquement ſans preſque ſortir de leur place.

Eau de ging. point de H, pluſieurs A. 2 ou 3 ronds immobiles avec des long raions tout autour Z [Fig. 127] [14]). quelques petits E. un K.

Eau de poivre vieille quantitè de H comme le 14 et 13e aouſt. un M [Fig. 127] [15]), qui receuilloit ſa queue, en forme de vis tres egalement tournée. un V [10]) mais pas plus grand qu'un H. Il tournoit ſouvent comme une toupie, ce qui paroiſſoit aux taches rondes dont ſon corps eſt rempli. Il y avoit auſſi un ſerpent RT comme le 26 Sept. et le 4e Sept. Et quantitè de petits comme des points noirs mouvants [16]).

[11]) Description très exacte des mouvements qu'on observe chez les rotatoires.

[12]) Des bactéries; les monades et infusoires manquant pour la raison donnée dans la note 5 de la p. 525.

[13]) Voir aussi les Fig. 107 et 124.

[14]) Des héliozoaires; peut-être Actinophrys sol.

[15]) Voir aussi les Fig. 90, 117, 118, 123 et 125.

[16]) Des bactéries.

Oct. 17. Eau de poivre du 4 Sept. quantitè de petits E.

Eau de gingembre un H, plusieurs A, quelques N.

Eau de poivre vieille un H. Plusieurs △ [Fig. 128] d'une nouvelle forme [1]). longs et ayant le corps rond, ils alloient en flottant de costè et d'autre, et parfois ils pirouettoient ce qui paroissoit par les taches. Il y avoit encore de tres petits comme points mouvants en quantitè [2]).

[Fig. 128.]

25 Oct. Eau de gingembre, un ou deux A. un Z. quelques tres petits.

Eau de poivre du 4 Sept. rien que plusieurs tres petits E.

Eau de poivre vieille. en certains endroits un peu enfoncez je pris grande quantitè de △. Ils plient tant soit peu la queue en nageant comme des poissons. peu de K fort vistes, un ou deux Z, *point de grands H, ni dans les autres eaux non plus*, il semble qu'ils soient tous morts, peut-estre par le froid. peu de A. il semble qu'il y fourmille tousjours de tres petits a peine visibles [2]).

C'est icy la fin des Observations, qu'il faut lire en retrogradant [3]).

---

[1]) Un Paramæcium?

[2]) Des bactéries.

[3]) C'est-à-dire dans le manuscrit dont il est question dans la note 1 de la p. 721.

APPENDICE XII [1])

À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

[1678.]

In ſaedt [2]) van honden ſeght hij meermaels mede een overgroot getal van beeſjes geſien te hebben ſeer nae van deſelfde grootte als in ſemine virili.

In 't ſaedt dat de beeſten als paerden ſtieren ontvalt ſeght hij niet wel raedt te weten om te obſerveren van vrees dat eer hij 't tot ſijnen kan brengen, het in waterighe ſubſtantie ſoude veranderen. Anders ſeght hij dat niet en twijfelt of ſoude daer mede ontallijcke vaeten in vinden als in ſemine virili.

Hij meynt dat de vrouw alleen voetſel toebrenght om het manlyck ſaedt tot een embrio te brenghen, en dat al dat in een hoender eij is daer toe dient uytgeſonder het geene van den haen gekomen is.

dat het ſaedt in de lucht komende de vaeten die daer in ſijn in waterachtige

---

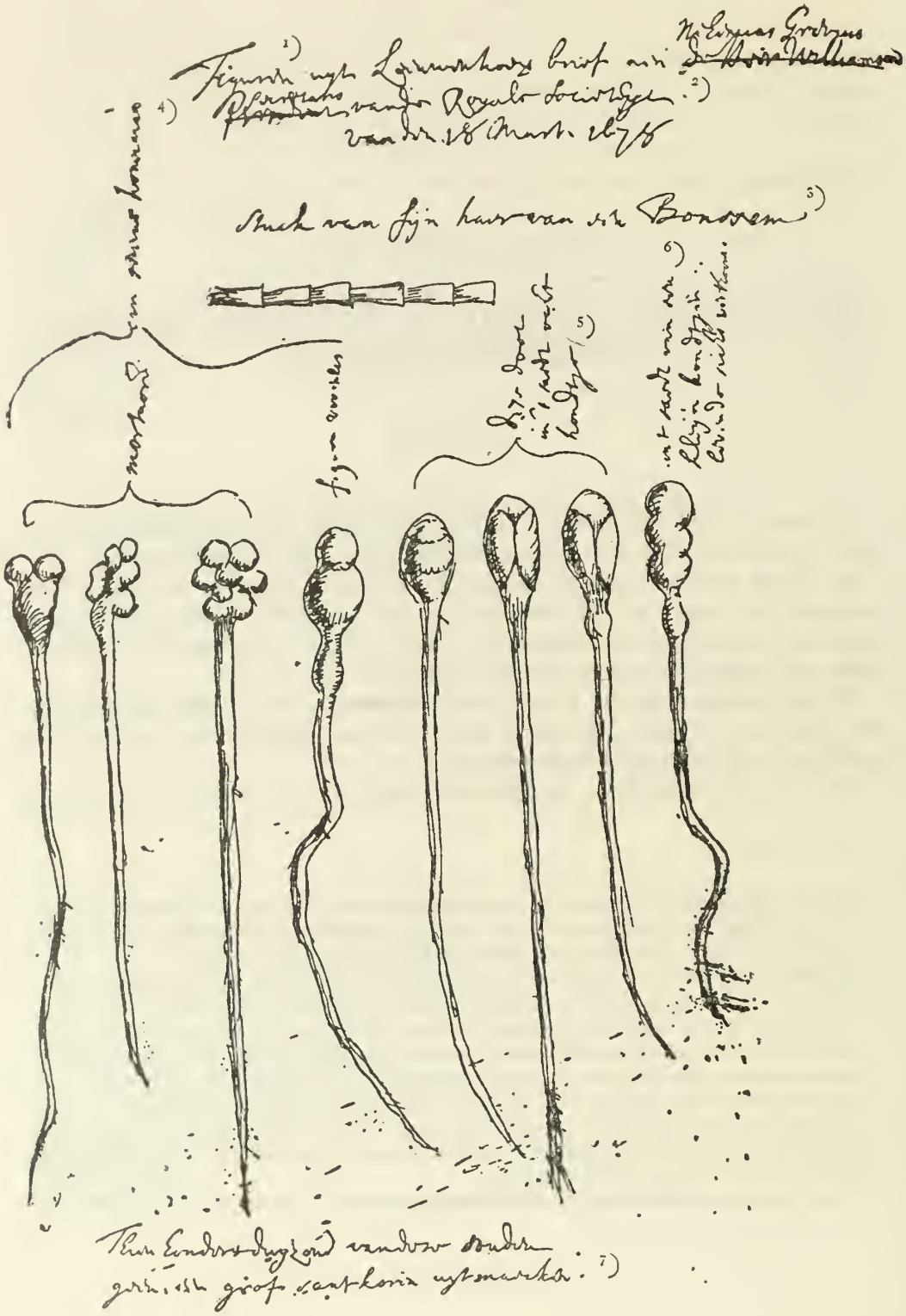
[1]) Cet Appendice, que nous empruntons à une feuille insérée à la p. 123 du Manuscrit E, contient le résumé, fait par Huygens, d'une lettre de Leeuwenhoek au secrétaire de la Société Royale de Londres. Consultez pour plus de détails la note 2 de la p. 702.

[2]) Traduction: „Il dit avoir encore vu plusieurs fois dans le sperme des chiens un fort grand nombre d'animalcules à très peu près de la même grandeur que dans le sperme de l'homme.

Quant au sperme provenant d'animaux tels que les chevaux et les taureaux, il dit ne pas bien savoir comment s'y prendre pour l'observer; il craint qu'il ne se change en une substance aqueuse avant de l'avoir apporté à son domicile. Autrement il dit ne pas douter qu'il n'y trouverait d'innombrables vaisseaux aussi bien que dans le sperme de l'homme.

Il est d'avis que la femelle ne contribue pas autre chose que de la nourriture au développement du sperme en un embryon et que tout le contenu d'un oeuf de poule, excepté ce qui est dû au coq, sert uniquement à cette fin;

que lorsque le sperme est exposé à l'air les vaisseaux qui s'y trouvent se changent en fon-


Figuren uyt Leeuwenhoeks brief aan Mr Luyckas Gradyus
van den 18 March 1678
Stuck van sijn haar van de Bonderen
meerhoofd
sijn eenvoudig
...t zaad van sijn
Elke sijn hoofdjes
Een Eendere dugjend van zoo onder
gekiede groote zaadkorrels uytmaakte.

materie verſmelten, als in ſijn brief van 3 decemb. 77 is gemelt [8]).

Hij ſeght en ſchijnt geobſerveert te hebben, dat de natuur niet alleen de arterien aderen ſenuwen, maer ſelfs de deelen, of ten minſten beginſelen van het hart longhe jae oock de teelpartijen in het mannelijck ſaedt gemaekt heeft, geen anatomicus ſeght hij heeft die vaeten diſtincter met ſijn ooghen geſien in katten of konijnen, als hij die andere met ſijn microſcopen [9]).

In 't ſaedt dat het wijfje van 't konijn poſt coitum ontvallen was ſeght hij mede menichte van de levende beeſtjes geſien te hebben doch op verre ſoo veel niet als daer te vooren van geſeght heeft.

---

dant en une substance aqueuse comme cela est exposé dans sa lettre du 3 décembre 77 [8]).

Il dit et semble avoir observé que la nature n'a pas seulement construit dans le sperme les artères, les veines, les nerfs mais même les parties, ou du moins les éléments, du coeur, du poumon et jusqu'aux organes génitaux. Aucun anatome, dit-il, n'a de ses yeux vu plus distinctement ces vaisseaux dans des chats et des lapins que lui-même ces autres avec ses microscopes [9]).

Dans le sperme perdu par la femelle du lapin après l'accouplement il dit avoir encore vu un grand nombre d'animalcules vivants mais beaucoup moins cependant que dans les cas dont il a parlé plus haut.

En observant la laitance de la morue il dit avoir vu qu'elle consiste en petits globules environ huit fois plus petits que ceux du sang et entourés d'une matière aqueuse. Il conjecture que chacun de ces globules contient les éléments de tous les vaisseaux du poisson, et que pendant l'accouplement chacun d'eux s'attache à un oeuf du frai.

Il ne partage pas l'opinion de de Graef touchant le passage des oeufs féminins des testicules dans la matrice par le tube Fallopien et il ne pense pas qu'on doive attribuer à ces oeufs un rôle si important dans la génération."

[1]) Voici la traduction de la suscription: „Figures copiées de la lettre du 18 mars 1678 de Leeuwenhoek à Nehemias Grevius secrétaire de la Société Royale." Voir sur Leeuwenhoek la note 16, p. 315 du T. VII et sur Nehemiah Grew la note 5, p. 473 du même Tome VII. Ajoutons qu'on peut comparer ces figures avec celles qu'on trouve dans une lettre du 30 mars 1685 (p. 56 de l'ouvrage cité vers la fin de la note 3 de la p. 524), reproduite dans les Phil. Trans. d'août 1685, N°. 174, p. 1120.

[2]) On lit encore en marge, toujours de la main de Huygens: „Hoocke is d'andere secretaris. Williamson in mil. Brounckers plaets is president" [Hoocke est l'autre secretaire; Williamson remplace mil. Brouncker comme président]. Voir la p. 66 du T. VIII et consultez sur Robert Hooke la note 1, p. 221 du T. IV, sur Joseph Williamson la note 14 de la p. 213 du T. II et sur William Brouncker la note 2 de la p. 476 du T. I.

[3]) Traduction: „morceau d'un cheveu mince d'une fouine".

[4]) Les trois premières figures représentent donc des spermatozoïdes morts de l'homme et la quatrième un spermatozoïde vivant de la même espèce.

[5]) Traduction: „Ceux-ci morts dans le sperme du petit chien".

[6]) Traduction: „Du sperme d'un petit chien, se montre vivant".

[7]) Traduction: „dix cent mille de ces objets ne constitueraient pas un gros grain de sable."

[8]) Cette lettre nous est inconnue.

[9]) A propos de l'alinéa qui précède Huygens a annoté en marge „dit schijnt buyten de

In de hom van Cabiljiauw ſeght hij geſien te hebben dat die beſtaet uyt kleyne globuli omtrent 8 mael kleijnder als die van 't bloet, leggende in een waterachtige materie. Hij conjectureert dat in ieder van deſe globuli het beginſel van alle de vaten van de viſch ſoude ſijn, en in coitu ieder van deſe aenkleven aen ieder ey van de kuyt.

Hij en is niet van de opinie van de Graef [1]) aengaende de paſſage der vrouwen eyeren uyt de teſtes in matricem per tubam Fallopianam [2]), noch en denckt niet dat men deſe eyeren ſoo veel deel behoort te geven in de generatie.

beesjes te sijn" et ensuite „dit was abuys". Traduction: „Cela semble être en dehors des animalcules" et „c'était une erreur". La première de ces deux phrases paraît indiquer que Huygens, trouvant sans doute trop incroyable que toutes ces choses seraient visibles dans les spermatozoïdes eux-mêmes, supposait d'abord que Leeuwenhoek voulait les avoir vu dans le fluide qui les entourait. Plus tard (l'encre de la seconde phrase est d'une couleur légèrement différente) il reconnut, peut être sur l'aveu de Leeuwenhoek lui-même, qu'il s'agissait simplement d'une observation dans laquelle l'imagination avait joué un rôle prépondérant.

[1]) Reinier de Graaf naquit à Schoonhoven le 30 juillet 1641. Il étudia la médecine à Leiden et à Angers; ensuite il visita Paris. En 1666 il retourna en Hollande, où il s'établit à Delft comme médecin et se maria en 1672. Il mourut en 1673. Ses „Opera omnia" parurent à Leiden en 1678.

[2]) De Graaf publia cette découverte pour la première fois dans la seconde édition de son ouvrage „De succo pancreatico, Lugduni Batavorum, Ex Officina Hackiana, 1671" sous la forme d'une lettre intitulée: „Regneri de Graaf, Med. Delphensis Epistola, ad Virum Clarissimum D. Lucam Schacht, Medicinæ in Acad. Lugduno-Batava Professorem de Partibus genitalibus mulierum", dont un extrait parut dans les „Phil. Trans." du 22 janvier 1672, p. 3066—3067. Ensuite il exposa sa découverte avec plus de détails dans l'ouvrage: „De Mulierum organis generationi inservientibus tractatus novus; demonstrans tam Homines & Animalia cætera omnia, haud minus quam Ovipara ab Ovo originem ducere. Ad Cosmum III. Magnum Etruriæ Ducem. Lugduni Batav. Ex Officinâ Hackiana, 1672."

PREMIER COMPLÉMENT À „LA DIOPTRIQUE".

[Projets divers pour l'arrangement des matières dans la „Dioptrique" et brouillons d'une préface et d'autres parties].

[1666—1692.]

§ 1.

[1666] [1]).

Radij [2]) per lineas rectas. In diverſorum diaphanorum communi ſuperficie frangitur radius. aliqui reflectuntur. ſolidi et liquidi, liquidum aer et aqua. magis et minus, non a denſitate ſeu pondere pendet, cum oleum majorem faciat refractionem quam aqua, etſi ſit levius. Primi per angulos. deinde per ſinus. Snellij figura. conſentit cum lege ſinuum. refractionem in perpendiculari etiam ſtatuit. male. quid eum fefellerit. modus explorandi refractiones in ſolidis diaphanis. alij modi ex ſuppoſito principio.

Non mirum [3]) eſt inventum teleſcopij tot ſeculis latuiſſe, et caſu demum ac non ratione repertum fuiſſe, cum quod principia refractionum vera eruere non parvam difficultatem haberet, tum quod his jam datis difficillimum eſſet inde deducere quinam vitreorum ſphæricas ſuperficies habentium ac diverſimodo compoſitorum futuri eſſent effectus. Si enim cognita jam teleſcopij conſtructione nihilominus obſcura adeo fuit ejus demonſtratio, ut a plurimis tentata necdum

---

[1]) La date probable est déterminée d'après le lieu (p. 95 du Manuscrit C), où se trouvent les deux fragments qui suivent.

[2]) On peut comparer ce premier fragment avec le début du livre I de la première Partie de la „Dioptrique", p. 3—13, où l'on retrouvera, dans une forme plus explicite, la plupart des remarques esquissées ici.

[3]) Conférez ce second fragment avec les p. 435—437 du Tome présent.

perfecta fuerit, hoc enim vere dicere poſſumus. Combien doit on penſer qu'il aie eſtè au deſſus de l'intelligence des hommes de concevoir et la forme et l'aſſemblage requis de verres qui devoient augmenter et comme approcher les objets eloignez, ou faire diſcerner d'autres inviſibles a raiſon de leur petiteſſe, comme nous voions que font les teleſcopes et les microſcopes.

§ 2.

[1673] [1]).

Projet du Contenu de la Dioptrique [2]).

des miroirs. Ptolemee [3]).
Archimede de annulo ſub aquis [4]).
loin de trouver.
a peine ont ils pu expliquer la raiſon.
combien de temps a't on ignorè la maniere de voir, et l'œuil.
Experiences de B. Porta [5]).
de la Metius [5]). Galilee [6]).
Puis moy. de Saturne, ſatellite [6]). Couronne [7]).

---

[1]) D'après le lieu que le paragraphe occupe, aux p. 377 et 378 du Manuscrit D.

[2]) On s'apercevra que lorsque ce projet fut composé la „Dioptrique" proprement dite et le „Traité de la lumiere" ne formaient encore, dans l'esprit de Huygens, qu'un seul ouvrage à publier.

[3]) Il s'agit d'un petit traité latin faisant partie d'un recueil publié en janvier 1518 par Geronimo Nucerello. Ce recueil fut imprimé à Vénise par les héritiers d'Ottaviano Scoto sous le titre „Sphæra mundi noviter recognita cum commentarijs et auctoribus in hoc volumine contentis." L'opuscule en question y commence à la p. 230 par les mots „Incipit liber Ptolemei de speculis, qui dividitur in duos libros" et il se termine par les phrases „Explicit secundus et ultimus liber Ptolemei de speculis. Completa fuit ejus translatio ultimo decembris, anno Christi 1629." Il contient une théorie reposant sur l'hypothèse de rayons visuels émis par l'oeil et allant toucher les objets, soit directement, soit après avoir été réfléchis par une surface polie. La plus grande partie du traité est consacrée a une catoptrique amusante.

G. B. Venturi dans ses „Commentarij soprà la storia e le teorie dell'ottica, Bologne 1814, p. 52—55 donna plusieurs raisons pour lesquelles il attribuait ce traité, non pas à Ptolémée, mais à Héron d'Alexandrie, et ces raisons ont été examinées et confirmées par H. Martin p. 83 et suiv. de ses „Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie disciple de Ctésibius et sur tous les ouvrages.... publiés ou inédits qui ont été attribués à un auteur nommé Héron." Mém. Prés. à l'Académie des Inscr. et Belles Lettres, Première Série, IV, Paris, MDCCCLIV. Et on paraît être aujourd'hui d'accord que le traité est la „Catoptrique" de Héron. Consultez aussi „Heronis Alexandrini opera quæ supersunt omnia." Leipzig, Teubner, MCM, Vol. II, p. 303—305.

[4]) Voir la note 1 de la p. 4 du Tome présent.

[5]) Voir la p. 437.

[6]) Voir la p. 439.

maintenant encore perfectionnè [8]).

2 autres compagnons de Saturne [6]). Encore ira plus loin ſi la difficultè de s'en ſervir n'empeſchoit [9]).

Uſage des lunettes aux inſtrumens d'obſervation.

Des microſcopes.

Cette ſcience explique l'Iris [10]). Et les Parélies [11]),

Je ne m'arreſteray pas beaucoup a une quantitè de Problemes et theoremes qu'on peut former. mais je me propoſe principalement a expliquer l'effect des lunettes d'approche, ce que perſonne n'a fait ſuffiſamment juſqu'icy.

Je traite ſeulement des ſurfaces ſpheriques et planes, qui ſeulement ſervent juſqu'icy et dont la theorie ſeroit encore neceſſaire pour expliquer l'effect des hyperboliques et elliptiques, ſi on les pouvoit former [12]), ce que je crois impoſſible et ceux qui ſcavent par exper. la difficultè de faire les ſpheriques ſeront de mon avis.

Autre difficultè contre les hyperboliques a cauſe de l'inclinaiſon des ſurfaces [13]).

Refraction comment expliquée par Pardies [14]).

lumiere comparée au ſon [15]). tranſparence ſans penetration de rayons.

difficultè du criſtal ou talc de Iſlande [16]).

ſa deſcription. figure. proprietez [17]).

---

7) Probablement l'anneau de Saturne.

8) On lit encore à côté: „la plus belle choſe qu'ait produit la Geometrie est la connaissance du systeme du monde, que les lunettes ont achevè d'establir et de decouvrir."

9) Voir la p. 441.

10) Comparez la p. 146.

11) Voir la note 1 de la p. 2.

12) On trouve à côté: „des Cartes a cause de n'avoir pas considerè les spheriques n'a pu expliquer l'effect des lunettes. c'est à dire leur multiplication ce que je crois devoir remarquer afin d'espargner la peine à ceux qui tascheront d'entendre ce qu'il en a dit." Comparez la p. 441.

13) Comparez les p. 220—221 du T. VI.

14) Consultez la note 31, p. 612 du T. X.

15) Comparez le premier chapitre du „Traité de la lumiere", ouvrage cité dans la note 8, p. 276 du T. IX.

16) Des expériences sur la double réfraction du cristal d'Islande furent publiées en 1679 par Bartholinus dans l'ouvrage cité dans la note 2, p. 46 du T. VIII. Ajoutons que cette double réfraction est mentionnée dans la „Correspondance" de Huygens pour la première fois en 1672; voir les pp. 193 et 219 du T. VII.

17) On trouve encore à côté: „refraction d'un rayon ne demeure pas dans une simple ligne. chauffer un objectif pour voir si cela allonge ou racourcit la lunette".

Chap. 1 [1]).

de l'invention des lunettes et ſes progrez.

Une [2]) des premieres inventions de ce ſiecle et meſme de tous les ſiecles, qui nous a confirmè le ſyſteme de l'univers qui auroit eſtè douteux et ſupprimè peut eſtre. l'invention des lunettes paroit admirable, et le ſeroit encore bien davantage ſi tout d'un coup elle eſtoit venue a la perfection ou elle eſt aujourdhuy [3]). approche des objets terreſtres. lettres.

choſe dans la lune. les planetes, tourner a l'entour de leur axe.

l'accouſtumance diminue l'admiration. le progres depuis le premier commencement de cette ſcience, et depuis qu'on a commencè a conſiderer le rayon rompu.

Archimede. annulo ſub aqua. Alhazen. point ſceu la maniere de veoir. ſtructure de l'oeil admirè. lunettes des vieillards. Kepler explique le premier in paralip. Vitell. [4]).

Galilee. moy. Saturne ſatellite Couronne.

maintenant encore perfectionnè. 2 compagnons nouveaux de Saturne. Uſage des lunettes aux obſervations. des microſcopes.

Quoyque pluſieurs hommes ſcavants ayent entrepris d'expliquer les raiſons de toutes ces choſes je crois pouvoir les eclaircir encore davantage et adjouter quelque choſe a ce qu'ils ont donnè. mon principal deſſein eſt de faire voir les raiſons et les meſures des effects des lunettes d'approche et des microſcopes. je diray auſſi quelque choſe des miroirs [5]), d'autant plus qu'on a trouvè qu'ils n'eſtoient pas

---

[1]) On lit à côté: „Cette explication pour satisfaire à la curiositè, et parce que scachant les raisons on est capable de disposer et gouverner ce qui appartient aux lunettes."

[2]) Conférez ce qui suit avec la „Préface" de la Dioptrique, p. 435—441 et avec le début du Livre I, Part. I, p. 3—7.

[3]) On trouve en marge „s'il faut donner l'honneur aux inventeurs des belles choses qui leur est du. B. Porta est le premier qui a commencè.

difference entre trouver par force d'esprit ou par hazard.

ſes curieuses experiences loucees. le hazard a presque part dans toutes.

c'estoit pourtant peu de choses encore. ne l'a pas expliquè peut estre cherchant plus avant. Progres en Hollande peut estre par la lecture de Porta."

[4]) Voir l'ouvrage cité dans la note 1 de la p. 6 du Tome présent.

[5]) Huygens n'y a pas donné suite dans sa „Dioptrique"; mais consultez le Troisième Complément, p. 803 du Tome présent.

[6]) Il s'agit bien du phénomène „d'un Halo ou Couronne à l'entour du Soleil observé le 12 mai

inutiles a construire des lunettes d'approche. a la fin j'adjouteray l'explication de ce meteore admirable qui a donnè de la peine a plusieurs philosophes [6]).

Sur les parelies et couronnes [7]) dont j'ay trouvè une explication qui convient si bien avec tous les phenomenes que je ne crois pas qu'on doutera beaucoup que ce ne soit la veritè mesme. Ciceron 1 lib. de divinat. qu'on consultoit les livres des Sibilles quand il avoit paru deux soleils ou 3 lunes [8]).

Chap. 2.

Kepler le premier a expliquè la maniere de voir.

Kepler a cherchè avec grand soin les loix de la refraction, mais ne les a point trouvees [9]). a presque trouvè la figure hyperbolique pour les refr. [10])

Attribuees à des Cartes. Snellius avoit a peu pres les mesmes. ne parle point des sinus. manuscrit que j'ay vu. quantitè d'experiences. vu par des Cartes [11]).

Loix de la refraction. ses differences dans differants corps. moyens de l'observer. en sortant et entrant [12]).

Quoy qu'il suffise de poser ces loix pour principes de cette doctrine, comme estant tres certains par l'experience, il ne sera pas hors de propos de rechercher plus profondement la cause de la refraction [13]) pour tascher de donner encore cette satisfaction a la curiositè de l'esprit qui aime a scavoir raison de toute chose. Et d'avoir au moins les causes possibles et vraysemblables que de demeurer dans une entiere ignorance.

1667 à la Bibliothèque du Roy, à Paris"; voir l'ouvrage cité dans la note 10 de la p. 162 du T. VI.

[7]) Voir l'ouvrage cité dans la note 1 de la p. 2 du Tome présent.

[8]) Voir Ciceronis de Divinatione I, C. 43, § 97, où l'on lit: „Ad nostra jam redeo. Quotiens senatus decemviros ad libros ire jussit! Quantis in rebus quamque sæpe responsis haruspicum paruit! Nam et cum duo visi soles sunt et cum tres lunæ, et cum faces, et cum sol nocte visus est, et cum e cælo fremitus auditus, et cum cælum discessisse visum est, atque in eo animadversi globi, delata etiam ad senatum labe agri Privernatis, cum ad infinitam altitudinem terra desedisset Apuliaque maximis terræ motibus conquassata esset, quibus portentis magna populo Romano bella perniciosæque seditiones denuntiabantur; inque his omnibus responsa haruspicum cum Sibyllæ versibus congruebant.'

[9]) Comparez la note 1 de la p. 6 du Tome présent.

[10]) Voir la Prop. LIX, p. 21 de la „Dioptrique" de Kepler, l'ouvrage cité dans la note 5, p. 6 du T. I. On y lit en effet „Superficies densi, quæ parallelos per corpus venientes post corpus refractione factâ perfectè concurrere facit, est Hyperbolicæ adfinis". Comparez encore la p. 780 du Tome présent.

[11]) Consultez sur ce passage la p. 9 du Tome présent.

[12]) Comparez les pp. 5 et 9—13 du Tome présent.

[13]) Comparez les trois premiers Chapitres du „Traité de la lumiere".

Refraction [1]) comment expliquee par Pardies [2]). Comparée au ſon. ondes en l'air. comparées a celles de l'eau. la peſanteur eſt cauſe de celles cy comme le reſſort des autres. tranſparence ſans penetration. corps capable de ce mouvement ſucceſſif. Propagation perpendiculaire aux cercles. difficultez contre des Cartes [3]). d'où viendrait l'acceleration. il fait la lumiere un conatus movendi, ſelon quoy il eſt malaiſè d'entendre la refraction comme il l'explique [4]), a mon avis au moins. Cauſe de la reflexion a angles egaux. lumiere s'eſtend circulairement et non dans l'inſtant, au moins dans les corps icy bas. car pour la lumiere des aſtres il n'eſt pas ſans difficultè de dire qu'elle ne ſeroit pas inſtantanee [5]). Cette explication convient avec les Experiences. pour les ſinus. pour le rayon entrant et ſortant. pour celuy qui ne peut penetrer. pour le verre. dans l'eau. maniere de Rohaut de faire voir les conveniences [6]).

---

[1]) On lit encore en marge: „vid. micrograph. Hookij." Il s'agit des p. 54—59 de l'ouvrage de 1667, cité dans la note 10, p. 4 du T. V. On y trouve une exposition des idées de Hooke sur la nature de la lumière, d'où nous empruntons les phrases suivantes: „And first for Light, it seems very manifest, that there is no luminous Body but has the parts of it in motion more or less.... It would be too long.... here to insert the discursive progress by which I inquir'd after the proprieties of the motion of Light, and therefore I shall only add the result. And, First, I found it ought to be exceedingly *quick*.... Next, it must be a *Vibrative motion*.... And Thirdly, That it is a very *short vibrating motion*.... The next thing we are to consider, is the way or manner of the *trajection* of this motion through the interpos'd pellucid body to the eye: And here it will be easily granted, First, that it must be a body *susceptible* and *impartible* of this motion that will deserve the name of a Transparent. And next, that the parts of such a body must be *Homogeneous*, or of the same kind. Thirdly, that the constitution and motion of the parts must be such, that the appulse of the luminous body may be communicated or propagated through it to the greatest imaginable distance in the least imaginable time; though I see no reason to affirm that it must be in an instant.... Fourthly, That the motion is propagated every way through an *Homogeneous medium* by *direct* or *straight* lines extended every way like Rays from the center of a Sphere. Fifthly, in an *Homogeneous medium* this motion is propagated every way with *equal velocity*, whence necessarily every *pulse* or *vibration* of the luminous body will generate a Sphere, which will continually increase, and grow bigger, just after the same manner (though indefinitely swifter) as the waves or rings on the surface of the water...., whence it necessarily follows, that all the parts of these Spheres undulated through an *Homogeneous medium* cut the Rays at right angles. But because all transparent *mediums* are not *Homogeneous* to one another, therefore we will next examine how this pulse or motion will be propagated through differingly transparent *mediums*. And here, according to the most acute and excellent philosopher *Des Cartes*, I suppose the sign of the angle inclination in the first *medium* to be to the sign of refraction in the second, As the density of the first, to the density of the second." Après cela Hooke fait suivre un raisonnement difficile à bien saisir, où, en admettant avec Descartes que la vitesse est la plus grande dans le milieu le plus dense, il cherche à démontrer qu'après la réfraction les surfaces formées par les points qui reçoivent simultanément les mêmes impulsions seront obliques sur les rayons; en quoi il cherche la cause des couleurs qui accompagnent la réfraction.

Chap. [3.]

Criſtal d'Iſlande [7]).

Chap. 4.

de la refraction des ſurfaces planes et ſpheriques et du point de concours des rayons paralleles devant l'incidence.

Que je ne traiteray que des ſurfaces planes et ſpheriques qui ſeules ſervent juſqu'icy et dont la theorie ſeroit neceſſaire pour expliquer l'effect des Hyperboliques et Elliptiques que M. des Cartes a tres ſubtilement inventè [8]), ſi elles ſe pouvoient former, ce que ne peuvent eſperer que ceux qui n'ayant point de pratique dans cet art, ignorent la difficultè qu'il y a a former ſeulement les ſpheriques. l'avantage de la figure ſpherique et plane. Ce que j'ay dit de la neceſſitè de la theorie des ſpheriques eſt ſi vrai, que Des Cartes pour ne l'auoir point examinée n'a ſceu determiner la choſe la plus importante dans l'effect des lunettes qui eſt la proportion de leur groſſiſſement, car ce qu'il en dit ne ſignifie rien; ce que je dis afin d'eſpargner la peine à ceux qui peuteſtre taſcheront de l'entendre a cet endroit [9]).

Concours des paralleles determinè et demontrè par approximation. dire ſans

---

[2]) En juin 1673 Huygens, dans une lettre à Oldenburg, mentionne le „traitè des Refractions" que Pardies lui avait fait voir et sur lequel on peut consulter les pp. 316 du T. VII, 522 et 523 du T. IX et 612 du T. X.

[3]) Il s'agit de sa „Dioptrique" et en particulier du „Discours premier. De la lumiere", qu'on trouve aux p. 81—93 du T. VI de l'édition d'Adam et Tannery.

[4]) Voir le „Discours second. De la refraction," p. 93—105 de l'édition citée dans la note précédente.

[5]) La découverte de Römer de la détermination de la vitesse finie de la lumière à l'aide des éclipses des satellites de Jupiter ne fut connue à Huygens qu'en septembre 1677. Voir la p. 30 du T. VIII.

[6]) Nous ne savons pas à quel passage il est fait allusion ici.

[7]) Si ce chapitre avait été écrit en 1673 il n'aurait contenu que la description des phénomènes puisque ce n'est qu'en 1677 (comparez la p. 36 du T. VIII) que Huygens avait réussi à trouver l'explication de la double réfraction. Comparez encore la p. 219 du T. VII et le début du Chap. V du „Traité de la lumiere".

[8]) Voir le „Discours Huictiesme. Des figures que doivent avoir les corps transparens pour detourner les rayons par refraction en toutes les façons qui servent a la veuë" de la Dioptrique, p. 165—196 du T. VI de l'édition d'Adam et Tannery.

[9]) Comparez les pp. 441 et 451 du Tome présent.

demonſtration ſi les rayons tombent de ca ou de la. hæc etiam accurate demonſtrata habemus ſed ijs morari lectorem nolumus [1]).

Chap. 5.

Du concours et divergence des rayons qui ſortant d'un point ou tendant vers un point rencontrent des ſurfaces planes ou ſpheriques [2]).

Chap. 6.

Des points de concours et de divergence des rayons qui paſſent par les 2 ſurfaces d'une lentille convexe ou cave [3]).

Qu'on peut trouver ces points par les theoremes precedens des ſurfaces ſimples. mais qu'il y a des abregez. Et principalement quand on conte pour rien l'eſpeſſeur de la lentille. Problemes des foiers.

Chap. 7.

des divers point de concours quand il y a divers points rayonnants. l'avantage de cecy dans les ſpheriques [4]).

Chap. [8.]

Conſtruction de l'oeil [5]). admirable de ce qu'un ſi petit mouvement ſe fait ſentir ſur la choroide. que ce mouvement ſe communique par de ſi grands eſpaces. que les objects ne ſe confondent point quoyque envoyant les rayons les uns a travers les autres et directement contraires. aucunement explique dans ce que j'ay dit des refr. que l'on juge de la figure diſtance et de la poſition d'une choſe

[1]) Voir les pp. 17, 19, 33—41.
[2]) Voir les pp. 19—27, 41—79.
[3]) Voir sur ce Chapitre les p. 81—93. Il est clair que ce chapitre ne traiterait que des points de concours ou de divergence des faisceaux de rayons parallèles, c'est-à-dire des foyers. Voir le contenu du Chap. 7.
[4]) Voir les p. 99—109. Il ne nous est pas clair quel „avantage" Huygens a en vue ici.
[5]) Voir les p. 129—135.
[6]) Comparez la p. 135 du Tome présent.

eloignee de nous. Qu'on admire pourquoy on voit les choſes droites [6]) quoyque tournees dans noſtre oeil a l'envers. que ce n'eſt que l'accouſtumance de juger, et que ſi nous avions veu toute noſtre vie toutes choſes et meſme le mouvement de nos mains par un verre qui renverſe les objects comme un convexe nous dirions encore que nous voions toutes choſes directes et ne nous tromperions point en montrant le haut et le bas de nos mains.

Voiez vos dioptriques.

du lieu de l'image [7]).

l'Erreur de pluſieurs en cecy [8]). Qu'on ne juge point la diſtance d'un ſeul oeil, les boites paintes en dedans le font voir ou on regarde par un trou. la difficultè qu'un autre aura a rencontrer voſtre doit avec un oeil fermè. Embarras de Barrow [9]). le nommer a la marge. Expliquer dans le miroir, dans une ſphere refleſchiſſante, et dans une tranſparente.

§ 3 [10])

[1682?] [11])

Peut eſtre dans la 1e Partie [12]), confirmer la proportion des ſinus parce que je vois que quelques uns en doutent encore, Fabrius [13]). Que l'academie en a fait

---

[7]) Il s'agit évidemment dans ce chapitre de la distance que nous assignons aux objets et à leurs images par les lentilles et dans les miroirs, par suite de la vision binoculaire ou autrement.

[8]) Voir, plus loin, les pp. 771, 775, 776, 830 et 831 et surtout les notes 21 de la p. 771, 25 de la p. 775; celles 2 et 3 de la p. 830 et la note 7 de la p. 831.

[9]) Voir la p. 775.

[10]) Le paragraphe présent est emprunté à deux feuilles séparées, chacune de quatre pages. Il fut composé dans l'époque où Huygens se proposait de faire paraître comme formant un ouvrage unique le „Traité de la lumiere" et la Dioptrique proprement dite. Il contient plusieurs fragments épars qui étaient destinés a paraître à leur propre place dans l'ouvrage projeté, ou qui devaient servir à en faciliter la rédaction.

[11]) La pièce fut composée peu d'années après que, vers 1678, les microscopes à boulettes furent généralement connus et employés et avant que Huygens avait pris connaissance, en 1682, du document reproduit dans l'Appendice III (p. 591) à la Troisième Partie de la Dioptrique. Voir les notes 3, p. 748, et 8, p. 749.

[12]) C'est-à-dire dans la Partie qui plus tard formait le „Traité de la lumiere".

[13]) Dans le T. II, qui parut en 1670, de l'ouvrage cité dans la note 4, p. 142 du T. III de notre publication, Honorato Fabri a exprimé ses doutes sur la justesse de la loi des sinus à la p. 468

des experiences fort exactes. Experience de Kepler qui ignoroit cette proportion [1]). de Snellius [2]) dont j'ay vu le manuscrit qui ne traitoit que de cela. que des Cartes l'a auſſi vu. ſoit de la qu'il l'ait priſe ou qu'il l'ait ſceue auparavant c'est luy qui l'a publiée le premier.

Pluſieurs de ces choſes [3]) eſcrites deſia par d'autres, que j'omettray ou que je paſſeray legerement.

Laiſſez au petits geometres les choſes faciles a trouver et laborieuſes a demontrer [4]).

Il ſuffit de mettre certaines choſes ſeulement en paſſant pour faire voir que vous les auez ſcues.

Evitez les petiteſſes.

Premierement des ſurfaces convexes et caves, les rayons incidents eſtant paralleles [5]). Puis des plattes pour les rayons convergents et divergens [6]).

Puis le theoreme general der 4 proport.les [7]). le cas parfait [8]).

Puis le theor. gen. des convexes lentilles et caves [9]).

Que ſans la theorie des verres ſpheriques on ne peut point expliquer l'effect du groſſiſſement [10]).

---

du „Liber tertius. De refractione et reflexione" du „Tractatus IV". Un peu plus loin, à la p. 471, il croit même pouvoir conclure qu'elle n'est pas valable en allèguant le fait que les rayons partant d'un seul point ne se comportent plus, après avoir passé par une lame transparente à plans parallèles, comme un faisceau de rayons appartenant à un point unique.

[1]) Comparez la note 4 de la p. 145 et la note 1 de la p. 6.

[2]) Comparez les p. 7—9.

[3]) C'est-à-dire des choses qu'on trouve dans le „Tractatus de refractione et telescopiis" que nous avons reproduit aux p. 3—269 du Tome présent.

[4]) C'est-à dire en suivant la méthode des anciens dont Huygens s'était servi dans le traité mentionné dans la note précédente.

[5]) Voir les p. 33—41.

[6]) Voir les p. 19—27.

[7]) Il s'agit de la Prop. XII, p. 41.

[8]) Comparez les pp. 49, 63, 65, 71, 73 et 79.

[9]) Il s'agit de la Prop. XX, p. 99.

[10]) Comparez la p. 441.

[11]) Comparez la note 2 de la p. 4 du Tome présent.

[12]) Il s'agit de l'ouvrage: „Joan Baptistæ Portæ Neap. De refractione optices parte Libri Novem. Ex officina Horatij Salkiani. Neapoli, Apud Jo. Jacobum Carlinum & Antonium Pacem, 1593". Dans cet ouvrage on trouve dans la „Prop. I" du „Liber I" la description d'un instrument pouvant servir à mesurer la réfraction.

que perſonne n'a bien expliquè le groſſiſſement des lunettes ſurtout avec un cave.

Alhazen qui a veſcu vers l'an. . . . a eſtè le premier que l'on ſache qui ait commencè a mesurer les angles de la refraction [11]). Et apres luy Porta [12]), Maurolicus [13]) et Keplerus [1]) ont eu la meſme curioſitè, voyant qu'il eſtoit neceſſaire de les ſcavoir pour rendre raiſon des refractions de l'atmoſphere de l'arc en ciel et autres meteores, comme auſſi pour expliquer l'effect des lunettes convexes et concaves dont ſe ſervent les viellards et ceux qui ont la vue courte, et dont l'invention fut trouvée vers l'an 1200, comme nous l'apprend mr. Redi [14]). mais perſonne d'eux tous n'auoit trouvè la veritable meſure des refractions. Et ce fut Willebr. Snellius Profeſſeur des mathem. a Leiden [15]).

Juſqu' icy [16]) j'ay traitè des cauſes phyſiques des regles qu'obſerve la lumiere, et ce qui peut ſervir a conſirmer noſtre theorie en cela. maintenant je paſſe a l'explication des effects des lentilles de verre pour ce qui regarde l'aſſemblage des rayons et leur differentes inclinaiſons, de ces grandes inventions qu'a produit noſtre ſiecle pour augmenter le ſens de la vue en nous repreſentant les objets tant diſtans que fort proches beaucoup plus grands que les yeux ſeuls ne les appercoivent. Comme perſonne juſqu'icy n'a bien expliquè. Je me propoſe cela princi-

---

[13]) Probablement Huygens a en vue l'ouvrage suivant de Maurolycus, où toutefois on ne trouve pas des expériences pour mesurer la réfraction: „R. D. Francisci Maurolyci Abbatis Mersanensis mathematici celeberrimi Diaphanorum partes seu libri tres: in quorum primo, de perspicuis corporibus: in secundo, de Iride, in tertio: de organi visualis structura, & conspiciliorum formis, agitur. Lugduni Apud Ludovicum Huxillion, MDCXIII, cum privilegio."

[14]) On peut consulter les „Lettere intorno all' invenzione degli Occhiali scritta da Francesco Redi all'illustrissimo Signor Paolo Falconieri" qui parurent en 1683 comme la „sedicesima dissertazione" de ses „Curiose Ricerche d'antichità". Toutefois Redi ne fait pas remonter l'invention des besicles plus haut que vers 1300.

[15]) Comparez les p. 7—9 du Tome présent.

[16]) C'est-à-dire dans la Première Partie dont il est fait mention au début du paragraphe présent. Ce qui suit constitue donc un projet de préface pour la Seconde Partie qui contiendrait la Dioptrique proprement dite. En effet il ressemble à la préface que nous avons reproduite aux p. 435—443.

palement dans cette partie, ſans vouloir m'arreſter a beaucoup de choſes qui ſont deſia connues pour avoir eſtè eſcrites par d'autres, car y ayant fort long temps que j'avois fait ce traitè [1]) il est arrivè qu'une partie de bien de choſes qui y eſtoient contenues ont eſtè occupees par d'autres, les quelles je veux omettre maintenant ou paſſer deſſus legerement.

Pour ce qui eſt de l'inventeur des lunettes qui decouvrent de loin, il est certain que Bapt. Porta [2]) qui vivoit a Naples en 1590 en a trouvè les premiers commencemens puis que ſon livre de la magie naturelle eſt imprimè pluſieurs annees devant que cette invention fust trouvée en Hollande ou Zelande, dans lequel il parle de la jonction d'un verre convexe avec un concave pour approcher les objects diſtants et les voir diſtinctement en meſme temps. Ce qu'il avait decouvert devoit pourtant eſtre peu de chose. Et cette invention eſtoit demeurée obſcure juſqu'a ce que Metius ou ce Hollandois inconnu qui fit faire des verres à Middelbourg en Zelande [3]) dont parle Sirturus [4]) l'ont donnè du luſtre et de la renommee en l'amenant a un degrè de perfection beaucoup plus grand que n'avoit fait Porta. Elle fut [5]) enſuite encore augmentée conſiderablement par l'induſtrie de Galilée, qui euſt le bonheur de faire par ſon moyen ces celebres obſervations connues de tout le monde. Et ſi les nouvelles decouvertes que l'on fait au ciel de choſes que l'on n'avoit pu voir auparavant ſont des marques de l'avancement de cet art, je puis dire y avoir auſſi contribuè quelque choſe a cauſe du planete obſervè aupres de Saturne et de la forme de l'anneau qui l'environne, a quoy je me suis ſervi de verres que j'auois faits moi meſme dans des tubes de 22 pieds. Mais l'on a encore augmentè du depuis cette longueur juſqu' a 36 et 45 pieds, non pas ſans ſucces comme font voir les decouvertes de 2 satellites de Saturne, outre celui dont je viens de parler, et celle des taches dans Jupiter et Mars par le moyen deſquelles M. Caſſini, premier obſervateur de ces dernieres nouveautez, a reconnu le temps de la revolution de ces planetes ſur leur axe.

Cette invention des lunettes qui decouvrent de loin fut bientoſt ſuivie de celle, qui les [6]) applique a des objects prochains et fait voir ce qui ſans cela eſt inviſible.

[1]) En 1653; il s'agit du „Tractatus de refractione et telescopiis" qui occupe les p. 3—269 du Tome présent.

[2]) Voir la p. 437 et la note 2 de la p. 586.

[3]) La représentation donnée ici des faits qui se rattachent à la première apparition des télescopes en Hollande paraît prouver que le paragraphe présent doit avoir été écrit avant que Huygens avait pris connaissance, en 1682, du document reproduit, p. 591, dans l'Appendice III à la Troisième Partie de la Dioptrique.

[4]) Voir l'ouvrage cité dans la note 5, p. 221 du T. I.

[5]) Comparez, sur ce qui va suivre, la p. 439.

[6]) C'est-à-dire: les lentilles; le manuscrit est ici plein de ratures.

l'on n'en fait pas bien le premier autheur [7]), mais cette invention a eſtè auſſi perfectionnée avec le temps et encore notablement dans ces dernieres annees [8]), par l'employ des boulettes de verres de la derniere petiteſſe de l'effect desquelles et des admirables decouvertes faites par ce moyen je parleray cy apres [9]). Il eſt conſtant que ces inventions ont eſtè premierement trouvees par hazard, et qu'elles ont eſtè en ſuite accrues de beaucoup apres.

J'ay taſchè dans le livre precedent [10]) d'expliquer les cauſes et la nature de la Refraction et il me ſemble par le raport des plus conſiderables phenomenes a nos hypotheſes qui ſont ſimples et [11]).

difficile de dire la conſtitution des corps du verre et de l'eau. Nous ne ſcavons pas cette compoſition du tout. J'en diray ce qui me parait le plus probable quoyque je ne me puiſſe ſatiſfaire entierement ſur toutes les difficultez que j'en prevois. Il me paroit vraiſemblable que la matiere etheree traverſe ces corps et qu'elle en occupe une grande partie du dedans ſoit dans le verre ou l'eau.

en entrant elles [12]) trouvent quelques particules plus groſſes, qui reflechiſſent une partie du mouvement. Et entre ces particules elles trouvent beaucoup de paſſages et des eſpaces remplis de matiere etherée comme elles. par laquelle matiere paſſe le mouvement, mais a cauſe de tant de detours, il paſſe un peu plus lentement. Au ſortir cette matiere etheree trouve derechef quelques parties plus groſſieres meſlees parmy la matiere etheree.

On objectera contre le premier que le corps tranſparent ayant par tout au dedans de ces meſmes particules qui a la ſurface ont reflechi le mouvement de la matiere etheree, comment la lumiere ne ſe reflechit pas auſſi au dedans de la maſſe du corps en ſorte qu'on l'appercoive. Reſp. Il ſe fait bien des reflexions contre ces particules groſſes qui compoſent le corps au dedans, mais il ne s'en engendre point d'ondes. et que dans l'air et meſme dans l'ether icy bas il ſe fait auſſi de telles reflexions particulieres.

Objection 2. Contre quoy ſe fait la reflexion intrinſeque des ſurfaces. C'eſt

---

7) Comparez la p. 513.

8) Vers 1678; voir la p. 64 du T. VIII.

9) Voir les p. 521—525 du Tome présent.

10) Il s'agit toujours de cette Première Partie, dont il est question dans le début de ce paragraphe et qui devait contenir la matière qui a passée plus tard dans le „Traité de la lumiere".

11) La phrase est restée inachevée.

12) Probablement il s'agit des particules d'éther; comparez les p. 11—14 du „Traité de la lumiere".

contre des particules groſſieres. Inſtant [1]). Ce ſont donc celles qui ne traverſent point le verre ou l'eau [2]). Mais quand on aura oſtè ces particules groſſieres comme dans le tuyau de Torricelle, comment eſt ce que la reflexion interieure s'y fait pourtant, n'y ayant rien que ce qui a penetrè le verre ou l'eau? [3])

§ 4 [4]).

[1684?]

0 [5]) de excellentia [6]).

1 de inventore [7]).

2 genera teleſcopiorum quæ [8]). cavoconvexa [9]). convexa ſola [10]). de alijs poſt [11]).

3 ratio ac proportio augendi in ſingulis duorum [12]).

---

[1]) Mot assez incompréhensible; mais qu'il nous semble impossible de lire autrement. Il est vrai qu'il se trouve un peu à l'écart, et qu'il pourrait ne pas appartenir à la réponse à la seconde objection mais en représenter une troisième, c'est-à-dire celle dont on trouve la réfutation à la p. 6 de l'éditiou originale de 1690 du „Traité de la lumiere" et qui est indiquée dans la Table des matières, qui précède ce Traité, par la phrase: „Experience qui semble prouver qu'elle passe dans un instant".

[2]) On peut consulter sur les autres matières qui sont supposées pouvoir pénétrer l'eau et le verre, les p. 204—206 du T. VII ou les p. 131—139 de l'édition originale de 1690 du „Discours de la cause de la pesanteur." Conférez encore la dernière partie du sommaire qui finit à la p. 757.

[3]) La même objection est touchée à la p. 39 de l'édition originale du „Traité de la lumiere." Huygens évidemment n'a pas réussi à la résoudre d'une manière qui lui semblait satisfaisante, puisqu'après avoir remarqué que cette réflexion doit se faire „apparemment contre les particules de l'air & autres, meslées parmy la matiere etherée, & plus grossiere qu'elle", il se contente d'ajouter „Il est vray qu'il reste en cecy quelque difficulté dans les experiences où cette reflexion interieure se fait sans que les particules de l'air y puissent contribuer, comme dans des vaisseaux ou tuyaux d'où l'air a esté tiré."

[4]) La pièce qui, puisque l'„Astroscopia compendiaria" y est mentionnée, doit dater de 1684 ou plus tard, se trouve écrite sur une des feuilles d'où nous avons tiré l'Appendice V (p. 596) de la Troisième Partie de la Dioptrique sans que cela prouve absolument la contemporanéité.

Elle nous donne un aperçu d'un „Tractatus de telescopiis" tel qu'il fut projeté en 1684. Comme on le verra le contenu et l'ordre des matières sont à peu près conformes à ce qu'on trouve dans la première partie, celle qui traite les télescopes, du traité „De Telescopiis et Microscopiis", telle que nous l'avons reproduite aux p. 435—511 du Tome présent.

[5]) Évidemment ces numéros indiquent l'ordre que Huygens se proposa de suivre dans le traité proposé.

[6]) Voir la p. 435 du Tome présent.

[7]) Voir la p. 437.

[8]) Voir la p. 441.

6 quod apertura objectivæ nihil facit ad campum ſed ad lucem [13]).

4 amplitudo campi unde pendent in utriſque [14]). ſpatium comprehenſum, quod includit [15]).

5 cur major in convexis ſolis. propterea ſola hæc ad magna teleſcopia uſurpanda. cavis ad minima relegatis [16]).

7 cur ocularis convexior obſcurius efficit teleſcopium [17]).

8 impoſſibile eſſe ut parva apertura objectivæ multum amplificet teleſcopium [18]) quidquid machinemur [19]).

16 [20]) de hyperbolicis aut ellipticis vitris. confici non poſſe, et quare. prerogativa ſphæricæ et planæ fig. Etſi poſſit nihil aut exiguum quid profuturus [ſic]. quia aliud multo magis quam figura obſtat radiorum collectioni exactæ. Etenim ſi nihil niſi figura obſtaret, lens planoconvexa &c.

9 teleſcopium e quatuor convexis interdiu optimum [21]). cur meliora ijs quæ tribus conſtant [22]).

10 horum explicatio et augendi proportio [23]) diaphragma a nobis inventum [24]).

11 mutandam longitudinem teleſcopij ad propinqua converſi [25]) myopi omnia contractiora [26]).

---

9) Voir les p. 443—453.
10) Voir les p. 455—461.
11) Voir les p. 461—473.
12) Voir les pp. 445—449 et 455—459.
13) Comparez les pp. 451 et 481.
14) Voir les pp. 451—453 et 457—459.
15) Leçons alternatives: „complectitur, amplectitur."
16) Comparez les p. 459—461.
17) Comparez la p. 481.
18) Voir la p. 451.
19) Les lunettes sans tuyaux; comparez la p. 441.
20) Ce qui suit sous ce numéro n'a pas été traité dans la Dioptrique, dans laquelle la question des lentilles hyperboliques ou elliptiques est à peine touchée; mais on peut consulter sur les idées de Huygens au sujet de ces lentilles les pp. 224 (1653), 384—387 et 511 (1656) du T. I; 66 (1657) du T. II; 477 (1665) du T. V (où il est question de l'invention exposée aux p. 319—331 du Tome présent); 220, 221 (1668), 480 (1669) du T. VI; 3 (1670), 111, 117 (1671), 142 (1672), 351 (1673), 512 (1675) du T. VII; 478 (1683), 534 (1684) du T. VIII et enfin 402, 403 (1693) du T. X.
21) Comparez les p. 469—473.
22) Voir la p. 461.
23) Voir la p. 471.
24) Voir la p. 473.
25) La question n'est pas traitée expressément dans la Dioptrique.
26) Comparez la p. 445. Pour la lunette à deux verres convexes la question n'est pas traitée dans la Partie en question de la Dioptrique, mais on peut consulter les p. 245—247.

13 obſcuritas in tubo requiſita. craſſiores proinde parandi [1]). ſed ad celeſtia tubo non opus per noſtrum inventum [2]).

14 Tabula aperturarum et ocularium et amplificationis [3]) poſſe intendi oculalaria. ſed interdiu duplo minus convexis utendum [4]). ratio quod oculi in tenebris aliter affecti ac in luce [4]).

15 Proportio ſubdupla longitudinum in aperturis demonſtrata [5]). ex ſuppoſita velut duplici refractionis proport.e Et convenit cum exper.

ad maculas ſolis [6]). ad inſtrumenta obſervationum. aſtroſc. compendiaria [7]). de libella [8]).

§ 5 [9]).

[1684?] [10]).

Tunc [11]) non pigebat ita minutatim perſequi. Nunc piget laborem ſuſcipere reformandi aut contrahendi. ſi non eſſent, non nunc liberet. dediſſe me legenda hæc Pariſijs. Multa horum non ignorari viris Clariſſ. Newtono, Voldero, Fullenio [12]). Contra neglectum demonſtrationum evidentium. et obſcuritatem, quibus fit ut amittatur illa voluptas geometriæ propria, ex clara perceptione probationum. Quin imo et in errorem ducunt. metaphyſica iſta, et proceſſus ad minima, recte ad inveniendum adhibentur. Inventa vero claris et evidentibus demonſtrationibus comprobanda ſunt, quatenus id fieri poteſt. Ita Archimedem [13]) feciſſe apparet,

---

[1]) Comparez à ce sujet le § 6, p. 603 de l'Appendice VI à la Troisième Partie de la Dioptrique.

[2]) C'est-à-dire l'arrangement imaginé en décembre 1683 pour se servir de lunettes sans tuyau; voir la p. 475 du T. VIII.

[3]) Voir le Tableau des p. 497—499.

[4]) Voir la p. 505.

[5]) Voir les p. 487—495.

[6]) Voir les p. 247—253.

[7]) Voir l'ouvrage de 1684 cité dans la note 1 de la p. 488 du T. VIII.

[8]) Voir la note 1 de la p. 2 du Tome présent.

Ajoutons encore qu'on remarquera que le numéro 12 manque. Or, primitivement il se trouve entre les numéros 10 et 11 et il y avait alors sous ce numéro 12 les phrases suivantes, biffées depuis: „Campus major ex duplici oculari in ratione quadrupla, et nævi vitri tolluntur;" voir la Prop. IV, de la Troisième Partie de la Dioptrique, p. 461—467. De plus on lisait en haut de la pièce l'annotation suivante: „atmospheræ nullam superficiem esse, nec proinde refractionem in ea non fieri;" consultez sur cette phrase les p. 42—45 de l'édition originale du „Traité de la lumiere" où la cause de la réfraction atmosphérique est exposée. Remarquons que d'après Ptolémée et d'autres la réfraction atmosphérique aurait lieu exclusivement à la surface où l'atmosphère était supposée finir brusquement.

cui iſtæ occultiores viæ non erant incognitæ [14]). nec Cavalerij [15]) quidem compendia. ſed in demonſtrationibus ſummam evidentiam quæſivit, idque apud temporis illius geometros neceſſarium erat. Conon [16]) deceptus fuerat. neque tamen poſtulandum hoc ævo arbitror ut quæcunque de ſigurarum planarum et ſolidarum, atque etiam linearum magnitudinibus geometræ invenerunt Archimedeis demonſtrationibus probentur. Tedioſum enim id eſſet. Omninò tamen curandum ut planum ſiat ea quæ breviter dicuntur reduci poſſe ad cognitas abſolutaſque ſeu veterum ſeu recentiorum demonſtrationes. Non jam de mechanicis alijſque dico ubi geometricæ demonſtrationes adhibentur ubi præcipue in principijs ponendis peccatur, tum inter demonſtrandum tacite multa aſſumuntur, ut cum ad finem perveneris dubites rectene propoſitio comprobata ſit an ſecus. atque ita quædam quaſi demonſtrationes obtinentur, ac ſæpe falſa theoremata pro veris.

---

addenda Pareliorum explicatio [17]).

Addenda libellæ deſcriptio et demonſtratio [17]).

Addenda item Aſtroſcopia compendiaria [18]). commodè excercenda in 50 et 80 pedum longitudine. ſi excedatur difficultas præcipue in luna propter circulum radios laterales excludentem [19]).

---

9) La pièce qui suit est copiée de la même feuille d'où nous avons emprunté (p. 238—239) l'Appendice III au Liv. II, Part. I.

10) Consultez la note 4 de la p. 750.

11) C'est-à-dire à l'époque, vers 1653, quand le „Tractatus de refractionibus et telescopiis" fut composé, lequel constitue la première Partie (p. 3—269) de la Dioptrique présente.

12) Consultez sur de Volder et Fullenius, les éditeurs des œuvres posthumes de Huygens, les notes 2, p. 4, et 1, p. 443 du T. VIII. On trouve leur correspondance avec Huygens dans les T. VIII—X; celle de Fullenius, qui commença en août 1683, roulait surtout sur des sujets de dioptrique; voir les pp. 443, 474, 533 du T. VIII et 109 du T. IX.

13) Leçon alternative: „veteres omnes".

14) Comparez la p. 5 du T. XII.

15) Consultez sur la méthode de Cavalieri la note 8, p. 60 du XI.

16) Conon, comme on le sait, était l'ami intime d'Archimède qui adressa plusieurs de ses ouvrages à lui et à Dosithée. Peut-être Huygens veut-il dire „que Conon n'aurait pas été content des méthodes modernes, mais que nonobstant cela on ne devait pas exiger des mathématiciens contemporains des démonstrations à la manière d'Archimède".

17) Voir la note 1 de la p. 2.

18) Voir l'ouvrage de 1684, cité dans la note 1 de la p. 488 du T. VIII.

19) Il s'agit du cercle de papier, entourant l'objectif dans les observations lunaires, dont il est question dans le passage suivant, p. 8 de l'édition originale de l'„Astroscopia": „Sed hic

§ 6 [1]).

[1687].

OPTIQVE.

I Partie.

Ou il eſt traitè des cauſes naturelles de ce qui arrive
a la Lumiere, tant ſimplement eſtendue
que Reflechie, et Rompue,

Et

De la Refraction eſtrange
du Criſtal d'Iſlande.

§ 7 [2]).

[1690] [3])

Commencement du Traitè de ma Dioptrique en François que j'avois deſſein de joindre au Traitè de la Lumière, ce qui eſt changè [4]).

---

ob disci lunaris amplitudinem; ne partem quampiam intuenti, ab alia parte lux, aliaque via quam per majorem lentem, ad oculum accidat; circulus papyraceus lenti huic circumponitur, paulo majore quam dupla diametro ad eum quo tota Luna tegeretur. Quod nisi fiat, dilutiores apparent umbræ tractusque ii qui, cæteris obscuriores, in ejus globo conspici solent". Consultez encore sur ce cercle une lettre à Cassini du 26 sept. 1686, p. 94 du T. IX.

[1]) On trouve le titre qui suit à la p. 283 du Manuscrit F, où il doit avoir été écrit en 1687. Il devait appartenir, comme on le voit, à la première partie d'une „Optique". Cette partie contiendrait la matière avec laquelle fut composée le „Traitè de la lumiere", publié en 1690, la seconde partie étant destinée à la Dioptrique présente rédigée en français. Voir pour un commencement de rédaction de cette édition française projetée le § 7 qui suit.

[2]) La pièce se trouve écrite sur sept feuilles de 4 pages et une de 2 pages, qui étaient contenues dans une feuille enveloppe pourvue de la suscription mentionnée dans la note 4.

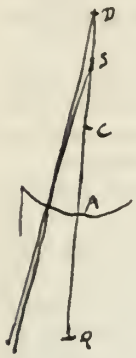
[3]) La date est assez incertaine. Cependant la pièce doit avoir été composée avant la publication mais après la rédaction du „Traitè de la lumiere", qui parut en 1690.

[4]) Ce titre, écrit avec de l'encre, en remplaçait un autre encore lisible, écrit au crayon, qui est comme il suit: „Commencement de ma ſeconde partie de la Dioptrique en francois pour la joindre a la Première qui est en cette mesme langue. Ce dessein est changè car elle demeurera en Latin".

[Sommaire.]

les furfaces [5]) fpheriques eftant les feules qui foient emploiees dans toutes les compofitions de lunettes et telefcopes, et j'ofe dire les feules que l'on emploiera jamais, il faut en toutes manieres connoiftre les loix de leur refraction et c'eft ce que nous allons entreprendre maintenant.

[Fig. 1.]



Je pourrois faire voir en quels cas tous les rayons concourrent avec l'axe en dedans du point S et en quel cas ils vont au dela [6]), mais trouvant que cette connoiffance eft fort peu importante pour des raifons que l'on verra dans la fuite de ce traitè je ne mettray point icy les demonftrations que j'en avois autrefois efcrites, qui en certains cas font affez longues.

Oster quelques lemmes [7]). mettre la propof. d'Apollonius et le 5ᵉ et 6ᵉ lemme [8]) feulement. Et auparavant celui de la transpofition du diaphane [9]) fera expliquè dans la propof. des rayons paralleles.

propofer generalement pour toutes les figures [10]). Soit Q [Fig. 1] le point de &c. [11]) felon les propofitions precedentes [12]).

le cas parfait demontrè [13]).

les concaves fe demontrent par le renverfement des convexes [14]).

Puis des planes [15]).

Puis des lentilles [16]). Puis de mes calculs algebriques pour les aberrations [17]).

---

5) Leçon alternative: „superficies."

6) Voir les Fig. 21—27, 30—41, p. 43—77 du Tome présent. Le point S est le point de concours après la réfraction des rayons partant d'un point donné et infiniment près du rayon qui passe par le centre de la surface sphérique.

7) Il s'agit des lemmes 1—4 des p. 27—29.

8) Voir le „lemma" de la p. 31 dont la première partie constituait la proposition d'Apollonius indiquée, tandis que la dernière phrase du lemme et celle espaciée qu'on trouve un peu plus bas représentaient sans doute le 5ᵉ et 6ᵉ lemme en question. Comparez les p. 757 (dernières lignes) —759.

9) La Prop. I, Part. I, Liv. I, p. 13; toutefois cette proposition ne fut pas formulée expressément dans la rédaction francaise qui va suivre mais les raisonnements qui y conduisent sont reproduits aux pp. 762, 763 et 768.

10) Comparez la Prop. 7, p. 763—766, où la proposition et même la démonstration s'appliquent à toutes les figures 11—16 à la fois.

11) Comparez les Fig. 11—16 et 18—22, où Q représente toujours le foyer du faisceau de rayons parallèles à l'axe arrivant du côté opposé à celui d'où viennent les rayons dont il s'agit de trouver le point de concours ou de dispersion. Donc, dans le cas de la Fig. 1, qui correspond à celui de la Fig. 18 (p. 767), Q est le point de dispersion des rayons parallèles au rayon QA.

12) C'est-à-dire celles qui se rapportent à la construction des foyers des surfaces sphériques; voir les Prop. 3—6, p. 761—763.

13) Voir la p. 766.

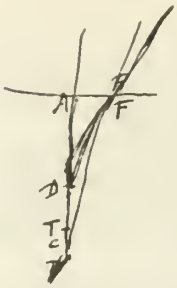
14) Voir les p. 767—768.

15) Voir les p. 769—770.

16) Voir les Prop. XIV—XX, Part. I, Liv. I, p. 81—109. La rédaction française s'arrête avant de parvenir au traitement de ces propositions.

17) Voir les Prop. I—VII, Part. II, p. 273—313.

[Fig. 2.]



que j'avois voulu corriger une ſurface par l'autre [1]). mais en vain a cauſe de l'autre empechement [2]).

in planis [3]). q[uo]d. DF infinitè prope eadem cum DA. sed DF ad FC ut DA ad AT [4]). unde et FC infinite prope ad longitudinem AT. Sed et AF minima ſit ergo qu. FC minimo ſuperat qu. AC. quare et linea FC [5]).

Il n'y a rien [6]) dans la nature qui marque plus la geometrie du createur que les yeux.

l'oeil eſt plein de matiere transparente afin qu'il n'y euſt point de reflexion a la surface de derriere comme il arrive aux lentilles.

admirable dans les yeux, que les ſurfaces de la cornée et du criſtallin sont juſtement de telle meſure de convexitè que les rayons paralleles rompus concourent dans le fond de la choroide. peut eſtre que dans les petits enfans cela n'eſt pas encore ainſi et que les yeux s'y diſpoſent en quelque façon. mais cela meſme n'eſt pas moins merveilleux.

La texture de l'uvée. Le changement pour les objects proches ou eloignez. L'exacte poliſſure de la cornée et cela par une liqueur qui s'y repand ſi deliée. deux yeux pour juger des diſtances mediocres. La perception des objects eloignez. qu'il y ait un organe du corps par ou l'ame ſente la figure ſituation et diſtance des objects eloignez. faire toucher cet organe par le moyen de l'ether qui eſt entre deux et modifier ce ſentiment d'une facon ſi ſubtile. Appercevoir de ſi loin jusqu' aux etoiles fixes. Cela paſſe de beaucoup l'ouie qui fait ſeulement appercevoir certain mouvement des objets eloignez par le moyen de l'air, quoy que ce ſens et ſa ſubtilitè ſoit auſſi tres admirable, et ſon uſage en ce qui eſt de la ſurete. le criſtallin feroit inutile ſi ce n'eſtoit pour changer la diſpoſition de l'oeil pour les objects proches et eloignez. Il n'y a qu'un petit eſpace au milieu du ſond de l'oeil ou l'on diſtingue exactement les objects.

Je croiois [7]) autrefois qu'un verre objectif planoconvexe, la surface convexe en dehors, valoit mieux qu'un egalement convexe [8]). mais cela n'eſt point [9]).

Puis que quand la viſion par le teleſcope eſt diſtincte, tous les rayons venus d'un point de

---

[1]) Consultez la Prop. IX, Part. II, p. 319—331, qui fait partie des „Rejecta" (voir la note 1 de la p. 314) et de même l'Appendice VI, p. 408—427.

[2]) Consultez la note 4 de la p. 331.

[3]) Comparez les p. 769—770.

[4]) Le rapport AT : AD est supposé égaler, par construction, celui de la réfraction mais de même, par suite de la Prop. II (p. 15) les côtés FC et DF du triangle DFC, semblable au triangle CGF de la Fig. 6 (p. 14) doivent être dans le rapport de la réfraction; on aura donc DF : FC = DA : AT.

[5]) La phrase n'est pas achevée; mais évidemment Huygens voulait conclure que, par conséquent, FC n'excède que de très peu la ligne AC; donc aussi AT et AC ne peuvent différer que d'une quantité infiniment petite; donc le point T est la limite du point C où le rayon réfracté rencontre la ligne DC perpendiculaire à la surface. De cette manière la Prop. IV de la p. 19 était démontrée sans entrer dans les considérations „assez longues" qu'on trouve aux p. 21—23. Comparez encore le quatrième alinéa de la p. 769 qui suit.

[6]) Conférez la partie du sommaire qui va suivre avec les p. 129—135 et avec les p. 790—799 qui suivent.

[7]) Nous faisons suivre ici encore quelques annotations de Huygens de portée diverse qui se trouvent sur la même feuille d'où nous avons tiré ce sommaire.

l'object ſur toute l'eſtendue de l'objectif ſe reuniſſent dans un point au fond de l'oeuil nous pouvons pour determiner la grandeur de cette image conſiderer un ſeul de ces rayons, et il eſt libre de prendre celuy qui paſſe par le centre du verre objectif [10]).

que la reflexion interieure [11]) ne ſe fait pas contre la ſurface de verre, puiſqu'elle eſt differente quand cette ſurface touche à l'eau, que quand elle touche à l'air.
difficultè pourquoy elle eſt moins forte contre l'eau que contre l'air.
Il eſt certain qu'elle eſt d'autant moins forte que le diaphane contigu differe moins de refraction.
difficultè dans le vuide de Torricelle.
qu'il n'y a que des particules qui ont traverſe le verre ou l'eau.
avouer qu'il y a quelque choſe icy qui nous eſt cachè.
peut eſtre par quelque mouvement rapide de la matiere hors du verre.

J'ay traitè dans le livre precedent [12]) des cauſes de la reflexion et de la refraction et des loix que la nature y obſerve. La certitude des quelles comme j'ay deſia dit eſt d'ailleurs fondée ſur des experiences tres exactes et tres ſouvent verifiées. Je paſſe maintenant aux effects merveilleux qui procedent de ces proprietez de la lumiere et cela principalement par le moyen des verres convexes et concaves, de la compoſition deſquels naiſſent ces belles inventions des Lunettes d'approche et de celles qu'on appelle microſcopes. Je feray voir la raiſon de tout ce qui s'y obſerve, et ſur tout les proportions de leur groſſiſſement qui a mon avis n'ont pas encore eſtè aſſez bien expliquees [13]). Et je raporteray leur divers uſages et la maniere de s'en ſervir commodement. J'adjouteray auſſi a la fin les cauſes du phenomene des Couronnes et Parelies ou faux ſoleils [14]), qui naiſſent certainement de la refraction et de la reflexion, mais d'une toute autre maniere que des perſonnes fort celebres ont cru.

Je commenceray par les refractions des ſurfaces ſimples ſpheriques et planes, a l'explication deſquelles nous avons beſoin d'une prop. fort cognue d'Apollonius [15]),

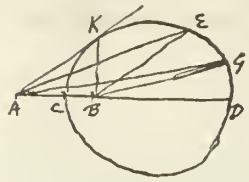
---

[8]) Voir le troisième alinéa de la p. 291.
[9]) À cause de l'aberration chromatique.
[10]) Cette annotation nous fait connaître la manière dont le grossissement aurait été traité dans la Dioptrique projetée, c'est-à-dire le choix qui aurait été fait entre les méthodes nombreuses appliquées dans les Prop. I et III, Part. III, p. 443—451 et p. 455—461 de la Dioptrique présente. Voir plus particulièrement les pp. 449 et 457 et l'Appendice V, p. 596—597.
[11]) Conférez le passage qui suit avec l'„Objection 2" de la p. 749.
[12]) C'est-à-dire le „Traité de la lumiere" qui parut en 1690.
[13]) Conférez la p. 441.
[14]) Voir la note 1 de la p. 2.
[15]) Conférez ce qui suit avec le Lemme 5, Part. I, Liv. I, p. 31.

ou pluſtot de certaines conſequences qui s'en tirent, c'eſt pourquoy je les feray icy preceder.

La propoſition eſt que ſi l'on diviſe une ligne droite AB inegalement en C, faiſant la partie CB moindre que CA; et que l'on prolonge AB du coſtè B juſques en D en ſorte que comme AC a CB ainſi ſoit AD a DB, et que l'on deſcrive un cercle ayant CD pour diametre, alors ſi des points A, B, l'on mene des lignes diverſes a quelque point de la circonference, comme AE, BE; elles auront entre elles la meſme raiſon que AC a CB. Pluſieurs ont demontrè cette propoſition apres Eutocius dans ſes commentaires ſur les Coniques, ou il fait voir de plus que ſi l'on mene de A et B deux lignes a quelque point qui ne ſoit pas dans la circonference ſuſdite, elles ne pourront pas avoir la mesme raiſon que AC et CB.

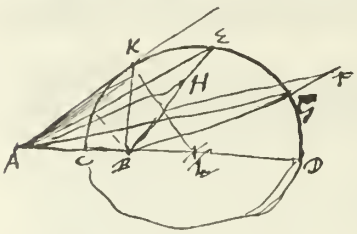
[Fig. 3.]



Lemme 1. Apres quoy l'on peut facilement demontrer cette autre propoſ. [1]) ſcavoir que, s'il y a deux triangles ayant des baſes egales, et les autres coſtez proportionaux, et que dans chaque Δ l'un des angles ſur la baſe ſoit obtus, mais plus dans l'un que dans l'autre, alors celuy dont l'angle obtus ſera plus grand, ou dont l'autre angle ſur la baſe ſera plus petit aura chacun des deux coſtez qui ſont proportionaux plus grands que ceux de l'autre.

Car ſoit l'un de ces triangles AEB, et ſur la meſme baſe AB ſoit fait le triangle AGB pareil a l'autre qui eſt propoſè. Et que AC a CB et AD a DB ayent la meſme raiſon que celle de AE a EB ou AG a GB. Il eſt certain par les choſes demontrees auparavant que les ſommets des triangles E, G ſeront dans la circonference CED deſcrite au diametre CD. Et que ſi des deux angles obtus, ABG eſt plus grand que ABE; la ligne BG approchera plus de BD, qui paſſe par le centre, que ne fait BE. d'ou s'enſuit que BG ſera plus grande que BE * et par conſequent auſſi AG plus grande que AE, puiſque AG, BG et BE, AE ſont proportionnelles. Il reſte a demontrer que le meſme arrivera

[Fig. 4.]



* 7.3. Elem. [2])

[1]) Cette proposition, ou lemme, remplace avantageusement, avec le lemme 2 de la page suivante, les lemmes 1—4, Part. I, Liv. I, p. 21—31 dans la démonstration des Prop. 3 et 4 qui vont suivre et qui correspondent aux Prop. VIII et IX, Part. I, Liv. I, p. 33—39, où ces derniers lemmes ont été employés à la démonstration.

[2]) C'est-à-dire la Prop. 7 du Liv. 3 des Éléments d'Euclide, où l'on lit, dans l'édition de Cla-

ſi dans le triangle GAB l'angle aigu ſur la baſe eſt moindre que l'angle aigu ſur la baſe du triangle EAB. Ayant fait BK perpend. ſur AB qui rencontre la circonference en K ſoit tiree AK, qui touchera la circonference au meſme point K. car puis que AK eſt a KB comme AD a DB auſſi AK ſera a AD comme KB a BD, c'eſt-à-dire comme CB a BK ou comme AC a AK [3]). donc AC, AK, AD ſont proportionelles, et partant AK touche la circonference en K. Puis que donc les angles ABE, ABG ſont tous deux obtus et pour cela plus grands que ABK il paroit que les lignes AE, AG ſont menees du point A a la partie concave de la circonference CED, et que par conſequent celle des deux qui approche le plus de AD qui paſſe par le centre, c'eſt-à-dire qui fait avec AD le plus petit angle, ſera la plus longue *. donc AG icy eſt plus grande que AE, et par conſequent auſſi BG plus grande que BE. * 8. 3. Elem.

Lemme 2. Il paroit auſſi que ſi AG eſt a GB comme AD a DB, jamais AG ne peut egaler la longueur de la ligne AD, ni BG la longueur de BD, puis que l'intervalle DB eſt plus grand que le deſmidiametre mais qu'elles peuvent approcher infiniment pres de cette longueur.

DE LA REFRACTION DES SURFACES SIMPLES SPHERIQUES ET PLANES.

Propos. 1 [5]).

Si un rayon DC [Fig. 5] tombe obliquement ſur la ſurface AB qui termine un diaphane placè du coſtè F, plus denſe que

---

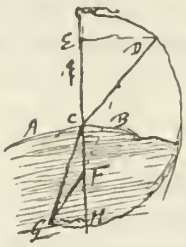
vius de 1507: „Si in diametro circuli quodpiam sumatur punctum, quod circuli centrum non sit, ab eoque puncto in circulum quædam rectæ lineæ cadant: Maxima quidem erit ea, in qua centrum, minima vero reliqua; aliarum vero propinquior illi, quæ per centrum ducitur, remotiore semper maior est".

[3]) Puisqu'on a encore AK : KB = AC : CB.

[4]) „Si extra circulum sumatur punctum quodpiam, ab eoque puncto ad circulum deducantur rectæ quædam lineæ, quarum vna quidem per centrum protendatur, reliquæ vero vt libet: In cauam peripheriam cadentium rectarum linearum maxima quidem est illa, quæ per centrum ducitur: aliarum autem propinquior ei, quæ per centrum transit, remotiore semper maior est".

[5]) Conférez la Prop. II, Part. I, Liv. I, p. 15.

[Fig. 5.]



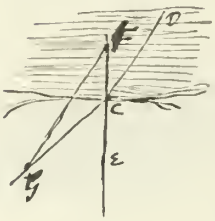
n'eſt celuy du coſtè E, (j'appelle plus denſe celuy quy rompt le rayon incident en ſorte qu'il s'abaiſſe vers la perpendiculaire) et que ce rayon eſtant rompu en CG l'on prenne dans cette ligne quelque point G et que l'on mene GF parallele au rayon incident, la quelle rencontre la perpend. en F; la ligne CG a GF aura la proportion de la refraction, ſcavoir celle que conſtituent les ſinus des angles DCE, GCF.

Cecy s'enſuit de la proprietè fondamentale des refractions ſcavoir la proportionalitè des ſinus. Car le ſinus de l'angle DCE ayant au ſinus de l'angle GCH cette proportion certaine que nous appellons la proportion de la refraction le coſtè CG dans le ΔCGF eſt a GF comme le ſinus de l'angle GFC ou de ſon complement a 2 angles droits au ſinus de l'angle GCF, c'eſt a dire comme le ſinus de l'angle GFH ou DCE au ſinus de l'angle GCF.

Prop. 2 [1]).

Que ſi le rayon DC paſſe d'un diaphane plus denſe dans un autre qui l'eſt moins, en menant, comme devant, la parallele GF, la ligne CG a GF aura derechef la proportion de la refraction; c'eſt a dire celle que conſtituent les ſinus des angles DCF, GCE; mais renverſee en ſorte que CG qui repreſente icy, auſſi bien que dans le cas precedent, la penetrabilite du diaphane d'ou ſort le rayon, ſoit moindre que GF, qui repreſente la penetrabilite de l'autre diaphane ou le rayon entre apres eſtre rompu.

[Fig. 6.]



Car derechef dans le triangle CGF, le coſtè CG eſt a GF comme les ſinus des

[1]) Conférez la Prop. III, Part. I, Liv. I, p. 17.

[2]) Conférez la Prop. VIII, Part. I, Liv. I, p. 33—35. On remarquera que la démonstration présente est plus simple et plus élégante que celle de la Prop. VIII.

[3]) Voir la p. 759.

angles qui leur ſont oppoſez, c'eſt a dire comme le ſinus de l'angle GFC ou FCD au ſinus de l'angle GCF, ou de ſon complement a 2 droits, GCE.

En parlant de ſurface convexe ou concave je veux qu'on entende touſjours que cette ſurface eſt celle du diaphane plus denſe, c'eſt-à-dire qui detourne les rayons entrants vers la perpendiculaire.

Propos. 3 [2]).

Trouver le point de concours des rayons paralleles apres leur refraction dans une ſurface ſphérique convexe.

Que AB ſoit la ſection de la ſurface convexe, ayant le centre C; ſur la quelle tombent des rayons paralleles a la droite AC, ainſi que OB. Si l'on prolonge AC jusqu'en Q, en ſorte que AQ a QC ait la proportion qui meſure la refraction du diaphane propoſè. Je dis alors que le point Q ſera le point de concours des rayons avec l'axe AC apres eſtre rompus. Non pas qu'il le ſoit preciſement, mais en ſorte que tous les concours avec l'axe tombent en dedans du point Q, et qu'ils en approchent d'autant plus que les refractions viennent de rayons plus proches a l'axe. Et cela juſqu'a des diſtances moindres qu'aucune donnée. Ou il eſt a noter que dans la conſtruction de lunettes de toute ſorte l'on emploie de ſi petites portions de ſurfaces ſpheriques, que ce concours imparfait peut paſſer pour parfait en ce qui eſt de l'effect qu'en reſſent noſtre vue. Pour prouver ce qui a eſtè dit du point Q, ſoit du rayon OB la refraction BL, et ſoit menèe CBG, qui comme l'on ſçait coupe la ſurface à angles droits. OBG eſt donc l'angle que le rayon incid. fait avec la perpendiculaire et LBC l'angle que fait le rayon rompu avec la meſme. d'ou, par la prop. prec. la raiſon de BL a LC ſera la meſme que celle qui meſure les refractions c'est-a-dire la meſme que de AQ a QC, ou bien, en faiſant BCH egale a AQ, la meſme que BH a HC. Il s'enſuit donc par le lemme 2.e [3]) que CL eſt moindre que CH c'eſt-a-dire moindre que CQ.

[Fig. 7.]

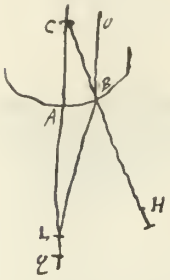
Il s'en ſuit auſſi que d'autant que le rayon OB tombera plus proche de l'axe AC, l'angle BCA, et partant auſſi LCH ſera plus petit, et BCL d'autant plus grand, et partant par le lemme 1.er [4]) la ligne CL d'autant plus longue, et qu'enfin CL approchera de la longueur CQ juſqu'a des differences infiniment petites, par le lemme 2.me.

---

[4]) Voir la p. 758.

Prop. 4 [1]).

[Fig. 8.]



Soit derechef la ſurface ſpherique convexe AB; mais que les rayons paralleles a l'axe comme OB, ſoient au dedans du corps diaphane, et qu'ils ſe rompent en ſortant. Icy ſi l'on prolonge l'axe CA du coſtè A et que l'on faſſe que la raiſon de CQ a QA ſoit celle de la refraction; le point Q ſera le point de concours de la maniere que dans le cas precedent.

Car ſi BL eſt la refraction du rayon OB, et que l'on mene la droite CBH, c'eſt icy OBC l'angle que fait le rayon incident avec la perpend. a la ſurface AB, et LBH l'angle que fait avec le meſme le rayon rompu BL donc par la Prop. [2] la raiſon de CL a LB eſt celle de la refraction, c'eſt a dire la meſme que de CQ a QA, ou, en faiſant CBH egale a CQ, la meſme que de CH a HB. mais l'angle CBL eſt neceſſairement obtus. donc CL eſt moindre que CH c'eſt-a-dire que CQ *.

* Par le lemme 2 [2]).

L'on voit auſſi que plus le rayon OB paſſera proche de l'axe CA, plus l'angle BCA ſera petit, et pour cela la ligne CL plus grande * et qu'en fin la longueur de CL approchera infiniment pres de celle de CQ *.

* Par le lemme 1 [3]).

* lemme 2 [2]).

Nous conſidererons ſouvent dans la ſuite ces points Q comme ſi le concours de rayons paralleles s'y faiſoit parfaitement, ayant egard alors au rayons qui ſont fort proches de l'axe de la ſurface ou de la lentille [4]).

Propos. 5 [5]).

Ainſi AB eſtant une ſurface ſpherique concave ſur laquelle tombent des rayons paralleles a ſon axe CA tels que NB; ſi l'on prolonge le demidiam. AC en Q faiſant que AQ a QC ait la proport. de la refraction l'on prouvera que Q eſt le point d'ecart ou de divergence de ces rayons apres leur refraction, tellement que le rayon NB eſtant rompu en BD, cette ligne repondra au point Q.

[Fig. 9.]

Car conſiderant BQ comme eſtant la refraction du rayon OB, au cas que le corps diaphane fuſt du coſtè C, il s'en ſuit que le diaphane

[1]) Conférez la Prop. IX, Part. I, Liv. I, p. 35—39.

eſtant de l'autre coſtè qui eſt vers O, la refraction du rayon NB ſera BD faiſant une ligne droite avec BQ, parce que NB fait une droite avec OB. Car NB eſtant inclinée ſur la ſurface AB, lors que le corps diaphane eſt vers O, d'un meſme angle que OB y eſt inclinée, lors que le corps diaphane eſt vers C, il faut qu'auſſi leurs refractions ſoient pareilles, c'eſt a dire qu'elles faſſent de pareils angles avec la ſurface AB ce que l'on ſcait eſtre ainſi quand BD fait une ligne droite avec BQ.

PROP. 6 [6]).

De meſme ſi AB eſt une ſurface concave qui borne le diaphane vers N, ſur laquelle tombent des rayons paralleles a ſon axe AC, tels que NB ſi l'on prolonge le demidiam. CA en Q, faiſant que CQ à QA ait la proport. de la Refr. l'on fera voir que Q eſt le point de divergence de ces rayons apres leur refraction, tellement que le rayon eſtant rompu en BD, elle ſera en ligne droite avec BQ.

[Fig. 10.]

Et le raiſonnement ſera le meſme que dans le cas precedent en conſiderant qu'icy ſelon la propoſ. [4] le rayon OB auroit ſon point de concours en Q, ſi le corps diaphane eſtoit du coſtè C.

Ayant expliquè tout ce qui regarde les rayons paralleles, je paſſe aux refractions de ceux qui appartiennent a un point. J'appelle appartenir a un point quand les rayons ſortent d'un point ou tendent vers un point, ou bien quand ils s'ecartent comme s'ils ſortoient ou concourent comme s'ils alloient vers un point [7]).

PROPOS. 7 [8]).

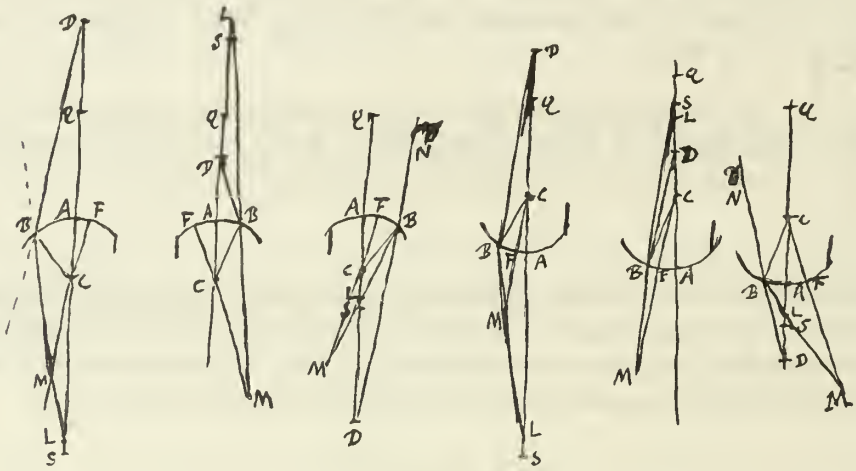
La propoſition generale eſt qu'une ſurface ſpherique convexe ou concave eſtant rencontrée [9]) par des rayons appartenant à quelque point donnè; ſi de ce point et dans l'axe qui le

[2]) Voir la p. 759.
[3]) Voir la p. 758.
[4]) Comparez le dernier alinéa de la p. 17.
[5]) Conférez la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 39—41.
[6]) Conférez la Prop. XI, Part. I, Liv. I, p. 41.
[7]) Comparez la „Definitio" de la p 41.
[8]) Conférez la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 41—79.
[9]) Leçon alternative „frappee".

joint avec le centre de la ſphere l'on poſe une quatrieme proportionnelle à trois diſtances du meſme point, dont la premiere ſoit au point auquel appartiendroient les refractions des rayons paralleles a l'axe venants du coſtè oppoſè; la ſeconde a la ſurface meſme qui eſt propoſee; la troiſieme au centre de la ſphere. alors le point ou ſe termine cette quatrieme proportionnelle ſera celuy auquel appartiendront les rayons rompus. En obſervant de la prendre en ſorte, que toutes les diſtances ſoient ou d'un meſme coſtè a l'egard du point donnè, ou deux d'un coſtè et deux de l'autre.

Cette propoſition a pluſieurs cas, parce que la ſurface eſt ou convexe ou concave; et ſur chacune les rayons tombent en dehors ou en dedans; et ils ſortent d'un point ou ils tendent vers un point [1]).

[Fig. 11.] [Fig. 12.] [Fig. 13.] [Fig. 14.] [Fig. 15.] [Fig. 16.]



Je mettray premierement ceux qui concernent les ſurfaces convexes, ſoit que les rayons rencontrent la ſurface du diaphane en dehors ou en dedans dont la plus part eſt repreſentee par ces figures [2]).

Soit la circonference AB la ſection d'une ſurface convexe du corps diaphane,

---

[1]) Dans toutes les figures de cette page les rayons sont cenſés tomber d'en haut sur la surface convexe. Par conséquent dans les Fig. 11, 12, 14 et 15 ils partent d'un point D et ils se dirigent vers un tel point dans les deux autres figures. De plus le point Q est partout le foyer des rayons parallèles à l'axe qui arrivent d'en bas et il sera toujours un point de concours.

[2]) D'après la manière dont les figures ont été orientées le point Q se trouve partout du même côté de la surface. Il y a donc lieu de distinguer d'abord six cas différents d'après la con-

ſon centre C, et ſoit donnè le point D, du quel viennent ou vers le quel tendent les rayons qui vont rencontrer la ſurface AB. Dans la droite par DC ſoit trouvè Q le point de concours des rayons paralleles qui viendroient du coſtè oppoſè ſur AB, en faiſant ſuivant ce qui a eſtè montre dans les Prop. precedentes [3]) que CQ a QA ait la proportion de la refr. directe ou renverſée. Que ſi le point D eſtoit le meſme que Q, les rayons apres la refraction deviendroient paralleles a l'axe DC parce que les rayons paralleles venant du coſtè oppoſè ont leur point de concours, car cela s'enſuit de la refraction reciproque. Soit donc le point D different de Q. Et aux trois diſtances DQ, DA, DC ſoit trouvèe la quatrieme proportionnelle DS, ſcavoir que comme DQ a DA ainſi ſoit DC a DS, et que DS ſoit priſe en ſorte que toutes les quatre diſtances ſoient du meſme coſté de D ou deux de l'un et deux de l'autre. Je dis que S ſera le point auquel appartiendront les rayons rompus qui en venant appartiennent au point D.

Car qu'un de ces rayons ſoit DB [Fig. 11, 12, 14 et 15] ou NB [Fig. 13 et 16], et ſa refraction BL; qui rencontre l'axe DC en L et la droite FCM parallele a DB en M. Puisque donc BM eſt la refraction du rayon DB, et que FCM eſt parallele a ce rayon, les lignes BM, MC auront entre elles la proportion de la refr. [4]).

Mais ſi l'on imagine l'arc AB extremement petit, et par la auſſi l'arc BF; l'on peut conſiderer la raiſon de FM a MC comme eſtant la meſme que celle de la refraction * c'eſt a dire que celle de CQ a QA, et qu' ainſi CM eſt comme egale à AQ, de plus a cauſe de la petiteſſe de l'arc AB, l'on peut auſſi conſiderer DB comme egale a DA. La raiſon donc de DB a CM, ou de DL a LC, ſera comme la meſme que de DA à AQ. Et partant celle de DC a CL comme la meſme que de DQ à QA, c'eſt a dire que de DC a CS; puis que DQ, DA; DC, DS, * Voir la Prop.. [5])

vexité ou concavité de la surface par rapport au point Q et d'après la situation du point D au même côté que le point Q, par rapport à la surface, et alors plus loin de cette surface que le point Q ou plus près de cette surface, ou bien à l'autre côté. Ce sont là les six cas des figures. Mais on peut encore sous-diviser, comme Huygens l'avait fait auparavant, les cas des figures 13 et 15 d'après la situation relative des points D et S dont l'un ou l'autre sera situé le plus près de la surface selon que la distance AD est plus grande ou plus petite que le rayon AC de la surface convexe, ce qui amènerait deux nouvelles figures générales, correspondant aux figures 26 et 32 des pp. 60 et 71, où toutefois dans la dernière de ces figures on doit échanger les lettres S et D.

[3]) Voir les Prop. 3 et 4, p. 761—762 qui précèdent.

[4]) Voir les Prop. 1 et 2, p. 759—760.

[5]) La Proposition en question devrait exprimer l'égalité approximative des lignes BM et FM pour une petite valeur de l'arc BF; Huygens toutefois n'a pas formulée expressément cette proposition assez évidente, quoiqu'il l'applique implicitement dans la dernière phrase du Lemme 2, p. 759.

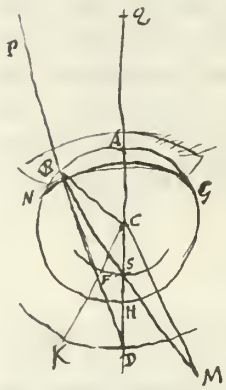
ſont proportionelles d'ou il paroit que le point L approchera ſi pres que l'on voudra du point S.

Je pourrois faire voir dans quels de ces cas toutes les refractions concourent avec l'axe en dedans du point S a l'egard a la ſurface propoſee, ou bien quand elles concourent toutes au delà du meſme point. mais trouvant que cette connoiſſance eſt fort peu importante [1]), par les raiſons que l'on verra cy apres, je ne mettray point icy les demonſtrations que j'en avois autrefois eſcrites [2]), qui en quelques cas eſtoient aſſez longues. J'ay ſeulement marquè dans les figures les differences de ces concours, par la ſituation des points S et L. Ou il y a à noter dans le troisième des cas rapportez [Fig. 13] qui ſi la raiſon de DC a CA eſt plus grande que celle de la refraction, toutes les refractions concourent en dedans du point S, mais ſi cette raiſon eſt plus petite, elles tombent toutes en dehors [3]).

Mais ſi la raiſon DC a CA eſt la meſme que celle de la refraction, alors toutes les refractions preciſement au point S. Et c'eſt icy le meſme cas dont nous avons parle au livre preced. [4]) en traitant les ovales propres a la refraction. J'adjoute la demonſtration que j'en eſcrivis autrefois [5]).

Le point D eſtant placè de la ſorte ſoit PB un rayon tendant vers D. Et qu'on joigne BS. Je dis qu'elle ſera la refraction du rayon PB. Car ayant menè CM parall. a PB, qu'elle rencontre BS prolongee en M et que l'on joigne CB. Puis que donc DC eſt a CH ou CA, comme CQ a QA, il s'enſuit que toute la DQ ſera a toute la QC comme CQ a QA. Mais comme DQ a QC ainſi DA à AS, parce que nous avons fait comme DQ a DA ainſi DC a DS. donc DA ſera a AS comme CQ a QA, c'eſt a dire comme DC a CH. donc ſi de DA on oſte DC, et que de AS on oſte CH ou CA, le reſte CA ou CH ſera au reſte CS comme DC a CH. donc auſſi BC a CS comme DC a CH, c'eſt a dire comme DC a CB. les triangles donc DCB, BCS ſont ſemblables. C'eſt pourquoy auſſi le coſtè DB ſera au coſtè BS comme DC a CB, et l'angle BDC ſera egal a l'angle SBC. d'icy il paroit qu'auſſi dans les triangles DBS, BMC, l'angle MBC ſera egal a BDS. Et puiſque de plus l'angle BMC eſt egal a DBS, il s'en ſuit que les

[Fig. 17.]



[1]) Leçon alternative: „utile".

[2]) Il s'agit des différentes parties de la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 43—79.

[3]) Voir la „Pars 2", p. 49—61. Ajoutons qu'encore en 1690, c'est-à-dire probablement pendant la composition du paragraphe présent, Huygens a vérifié de nouveau ces résultats; voir l'Appendice I à ce Complément, p. 783.

[4]) Voir la p. 110 de l'édition originale de 1690 du „Traité de la lumiere".

triangles DBS, BMC ſont ſemblables. Et partant BM a MC, comme DB a BS, c'eſt a dire comme DC a CB ou CH, qui eſt la prop. de la refraction. C'eſt pourquoy BSM ſera la refraction du rayon PB *. ce qu'il faloit prouver. * Prop. 3 [5]).

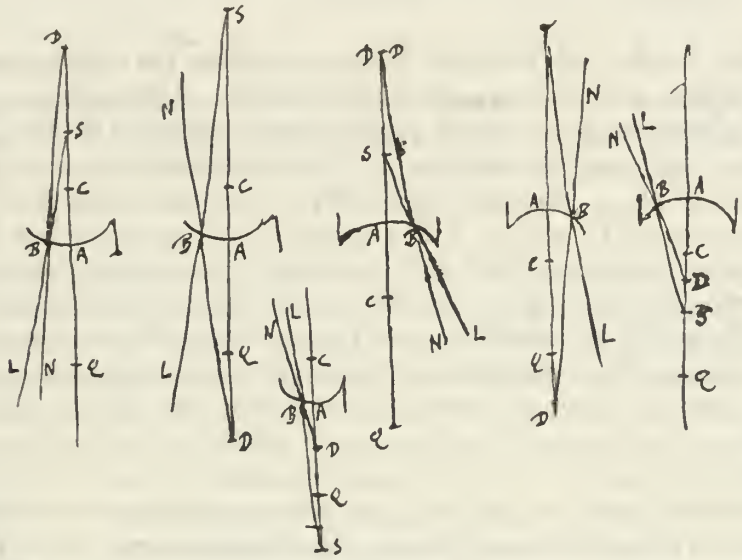
D'icy l'on voit qu'on peut faire une lentille avec des ſurfaces ſpheriques qui aſſemble parfaitement en un point les refractions des rayons, qui tendent vers un autre point [7]). Car en joignant avec la ſurface convexe AB une ſurface concave NG qui ait pour centre le point S, il eſt evident que les rayons qui tendent vers D, tel que PB eſtant detournez par la ſurface AB vers le point S, ne ſoufriront plus aucune refraction à la ſurface NG, et qu'ainſi ils concourront tous a ce point.

Il paroit auſſi que la meſme lentille detournera les rayons venant du point S comme s'ils venoient du point D.

l'on peut encore faire une lentille creuſe ſur ce meſme fondement [8]) qui ait une pareille perfection, mais ni en l'une ni en l'autre je ne trouve guere d'utilitè.

Il reſte a voir les cas au quels la ſurface AB eſt concave qui s'expliquent facilement par les precedentes. Car en faiſant derechef que CQ a QA ait la prop. de

[Fig. 18.] [Fig. 19.] [Fig. 20.] [Fig. 21.] [Fig. 22.]



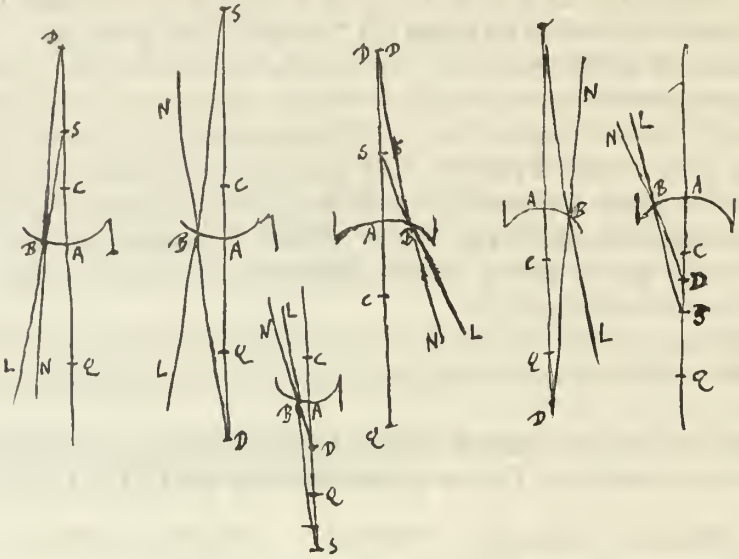
[5]) Conférez la p. 63.

[6]) Lisez: „Prop. 1", et voyez la p. 759. Peut-être Huygens avait-il l'intention de désigner les „lemmes" 1 et 2 comme des propositions, ou d'intercaler avant la présente Prop. 1 deux autres, comme p. e. celles dont il est question dans la note 9 de la p. 755 et dans la note 5 de la p. 765.

[7]) Conférez la Fig. 28, p. 65.

[8]) Toutes les deux sont indiquées dans la figure présente. Conférez d'ailleurs la Fig. 29, p. 64.

[Fig. 18.] [Fig. 19.] [Fig. 20.] [Fig. 21.] [Fig. 22.]

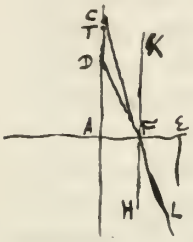


la refraction directe dans les cas ou les rayons tombent ſur la ſurface en dehors, et renverſée dans ceux ou ils la rencontrent en dedans, il eſt conſtant que Q ſeroit
Prop. [5 et 6] [1]. le point de divergence des rayons paralleles qui viendroient de ſon coſtè *, qui eſt oppoſè a celuy que l'on conſidere icy. Il faut derechef trouver au 3 diſtances DQ, DA, DC, la 4.e proportionnelle DS, et la placer ſuivant ce qui a eſtè dit au commencement. Et le point S ſera celuy auquel appartiendront les refractions [2]. Car en faiſant que DBN, SBL ſoient des lignes droites, il eſt certain par ce qui a eſte demontrè des cas precedents que s'il venoit des rayons du coſtè Q comme NB ou DB qui tendiſſent vers D ou qui en ſortiſſent, et que la ſurface AB fuſt convexe ils ſe romproient en ſorte qu'ils appartiendroient au point S. mais les rayons qui viennent maintenant de l'autre coſtè eſtants en ligne droite avec ceux la, ils font avec la ſurface creuſe AB les meſmes angles que ceux la faiſaient avec la convexe. donc auſſi en ſe rompant ils doivent faire avec ces ſurfaces des angles egaux; ce qui ne ſe peut que leur refractions ne ſoient en ligne droite avec ces premieres, et que partant elles n'appartiennent auſſi au point S [3]. C'eſt a dire qu'elles iront par BL ſi elles devienent divergentes, ou par BS ſi elles deviennent convergentes.

[1]) Voir les p. 762 et 763.
[2]) Remplacez donc dans la Fig. 21 la lettre T par S.
[3]) Comparez la Prop. I, Part. I, Liv. I, p. 13, et consultez la note 9, p. 755.
[4]) Conférez ce qui suit avec les Prop. IV—VII, Part. I, Liv. I, p. 19—27.

Parce que l'on fait des lentilles, dont l'une des ſurfaces eſt plane, il eſt neceſſaire d'examiner auſſi quels ſont les points de concours ou de divergence dans ces ſurfaces, lors que les rayons qui les rencontrent viennent d'un point ou tendent vers un point [4]).

[Fig. 23.]

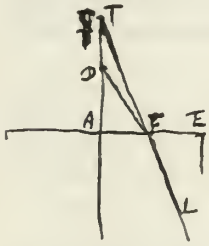


Soit une ſurface plane AE, ſur laquelle tombe par dehors les rayons venants du point D.

Si l'on mene DA perp. ſur la ſurface AE et qu'on la prolonge du coſtè D juſqu'en T, en ſorte que TA à AD ait la prop. de la refr. je dis que T ſera le point de divergence des rayons rompus. C'est a dire de la maniere que nous avons conſiderè ces points dans les ſurfaces ſpheriques [5]). Car ſoit l'un des rayons incidents DF et sa refraction FL, et que LF prolongée rencontre la droite AT en C. Puis que donc la raiſon du ſinus de l'angle DFK au ſinus de l'angle LFH eſt celle des refractions, et que l'angle DFK eſt egal a FDA et l'angle LFH egal a FCD, donc auſſi le ſinus de l'angle FDA ou de FDC qui eſt ſon compl. a deux angles droits aura au ſin. de l'angle FCD cette meſme prop. des refr. . mais dans le triangle FCD les coſtez CF a FD ont la meſme raiſon entre eux que les ſinus de leur coſtez [ſic] oppoſez. donc la raiſon de CF a FD ſera encore la meſme que celle des refr. c'eſt a dire que celle de TA a AD.

Or il paroit qu'en approchant le point d'incidence F vers A la ligne DF differera ſi peu que l'on voudra de DA. donc auſſi la longueur de FC ſera comme la meſme que de AT. mais celle de CF approchera en meſme temps autant qu'on voudra de celle de CA. donc auſſi CA ſera comme la meſme que TA. d'ou il paroit que le point T doit eſtre conſiderè comme le point de divergence des rayons qui venoient du point D, ayant egard aux rayons fort proches de DA. au reſte dans la veritè toutes ces refractions concourrent au dela du point T, comme il eſt aiſè de prouver. Car CF eſtant a FD comme TA a AD auſſi le quarrè de CF ſera au quarrè de FD comme le quarrè de TA au quarrè de AD. mais oſtant le qu. FA de chacun des quarrez CF, FD la raiſon des reſtes c'eſt a dire du quarrè CA au qu. AD ſera plus grande que n'eſtoit celle du quarrè CF au qu. FD, c'eſt a dire que celle du qu. TA au qu. AD. Et partant auſſi la ligne CA aura plus grande raiſon a AD que TA a AD, d'ou il paroit que le point C eſt au dela de T.

[Fig. 24.]



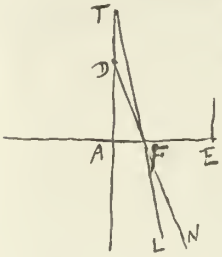
Les autres trois cas s'expliquent facilement par celuy cy. Car s'il y avoit des rayons tendans vers le point T, tel qu'eſt LF, et qu'ils fuſſent rompus en ſortant du corps diaphane, il paroit que leur point de concours ſeroit D, ayant fait que TA a AD ait la prop. de la refraction. Car la refraction du rayon

[5]) Voir la p. 762.

DF eſt FL ſelon ce qui vient d'eſtre montrè, auſſi la refraction du rayon LF ſera FD, a cauſe de la reciprocation connue de la refraction qui a eſtè remarquée au premier livre [1]). Il eſt de plus aiſè a comprendre que toutes les refractions concoureront icy en dedans du point D, par ce qui a eſtè montrè au cas precedent.

Que s'il y a des rayons tendant vers un point D qui rencontrent le diaphane par dehors ainſi que NF. alors ſi l'on fait que TA a AD ait la prop. de la refr. le concours des rayons rompus ſera au point T. Car, ayant menè la droite TFL, puis que du rayon DF la refraction eſtoit FL, lors que le diaphane eſtoit du coſtè L; il s'enſuit, qu'eſtant du coſtè D, la refraction du rayon NF ſera FT, par la raiſon que nous avons alleguèe plus d'une fois [2]), ſcavoir que les angles d'incidence eſtant egaux, ceux de la refraction le doivent eſtre de meſme. Et il eſt aiſè de voir en conſiderant ce qui a eſtè montrè au premier cas, que toutes les refractions concoureront au dela du point T.

[Fig. 25.]



Enfin ſi les rayons ſortant d'un point T ſont rompus par la ſurface AE en ſortant du diaphane, et que l'on faſſe que TA a AD ait la prop. de la refraction leur point de divergence ſera D, par la reciprocation de la refraction, car ſi la refraction du rayon NF eſt FT, auſſi celle du rayon TF ſera FN. Et toutes les refractions regarderont icy en dedans du point D devers A [3]).

§ 8 [4]).

[1692] [5])

De Ordine in Dioptricis noſtris ſervando.

Imperfecta tanquam perfecta conſiderabimus [6]). Quod niſi fiat non poſſunt hæc de teleſcopijs præcipua pleraque explicari. Poſt focos lentium [7]), adjunge

[1]) Voir la p. 33 de l'édition originale du „Traité de la lumiere", où l'on lit: „Une autre proprieté, pareille à celle-cy, est que les refractions sont reciproques entre les rayons entrans dans un corps transparent, & ceux qui en sortent. C'est-à-dire que si le rayon AB en entrant dans le corps transparent se rompt en BC, aussi CB, estant pris pour un rayon au dedans de se corps, se rompra, en sortant, en BA".

[2]) Voir les Prop. 5 et 6, p. 762—763 et la Prop. 7 à la p. 768.

[3]) Le manuscrit s'arrête ici; mais on rencontrera encore au Complément II, p. 790—799, une pièce intitulée „De l'oeil et de la vision" qui, probablement, dans l'esprit de Huygens devait faire partie de la rédaction française projetée de la Dioptrique comme deuxième Partie de son „Optique"; voir le § 6, p. 754.

[4]) La pièce est empruntée à une feuille séparée de quatre pages.

[5]) La pièce doit être en partie postérieure à la publication en 1692 de l'ouvrage de Molyneux, cité à la p. 260 du T. X, note 11; toutefois il n'est pas improbable que quelques-unes des annotations qui suivent soient d'une date antérieure.

regularum abbreviantium inventiones [8]) et prius theorema Cepleri [ſic] de craſſitudine lentium et inde pendentibus foci diſtantijs [9]). quæ ſit lens optima [10]).

Ubi teleſcopiorum et microſcopij caſus oſtenſi fuerint in Prop. pag. 77 [11]) (adde) *hæc ſigillatim poſtea et abſque tot compoſitarum rationum ambagibus oſtenſum iri.*

Hic jam ſequi poſſunt Theorema de tranſpoſito oculo et viſibili [12]). Et quæ de maximo et minimo [13]). rejectà propoſitione de teleſcopio ſolido [14]).

Poſt hæc propoſitio de anguli vitrei penetratione, &c. [15]) et de manente magnitudine cum paralleli ad oculum veniunt [16]). tum de Teleſcopijs rurſus [17]). tum de compoſito ex 3 et 4 lentibus [18]). Tum de aperturis teleſcopiorum [19]). tum de curvatione rectarum apparente [20]). de loco imaginis [21]). hunc in lentibus non mereri ut ſolicitè inquiratur [22]). Sed magis in ſpeculis. difficultas Newtoni et Molinetij reſoluta [23]). objectum ab oculo diverſum pone. tunc diſtantia ex parallaxi oculi

---

[6]) Voir aux p. 17—19 la définition des points de concours et de dispersion.

[7]) Voir les Prop. XIV—XVII, Part. I, Liv. I, p. 81—93.

[8]) Probablement les règles sur l'aberration sphérique, que l'on rencontre aux pp. 285, 287, 291, 293, 295, 301 et 305.

[9]) Il s'agit de la Prop. III, Part. II, p. 277, qu'on retrouve, en effet, chez Kepler dans le cours de la discussion de la Prop. CXXXI, p. 73 de sa „Dioptrice", où l'on lit à propos de lentilles d'égale largeur: „Ex his igitur vestigiis apparet, ferè qua proportione lentis crassities minuitur, ea proportione augeri distantiam puncti concursus à lentes". Il est vrai que Kepler n'a pas prouvé cette proposition mais qu'il l'a seulement rendue probable en considérant les cas particuliers où il savait calculer la distance focale d'une lentille.

[10]) Comparez l'alinéa qui commence en bas de la p. 291.

[11]) Il s'agit de la Prop. V, Part. I, Liv. II, p. 187, où le cas du télescope est mentionné aux pp. 193 et 197 et celui du microscope à la p. 197; comparez encore la note 3 de la p. 186.

[12]) Voir la Prop. VI, Part. I, Liv. II, p. 199.

[13]) Voir les Prop. VII et VIII, Part. I, Liv. II, pp. 207 et 219.

[14]) Voir la Prop. XI, Part. I, Liv. I, p. 225.

[15]) Peut-être s'agit il de l'Appendice III à la Part. I, Liv. II, p. 238—239, ou, ce qui revient au même de la Prop. VI, Part. III, p. 475.

[16]) Voir la Prop. XIII, Part. I, Liv. I, p. 233.

[17]) Voir les Prop. I—III, Part. III, pp. 443, 451 et 455.

[18]) Voir les Prop. III et IV, Part. I, Liv. III, pp. 253 et 259 et les Prop. IV et V, Part. III, pp. 461 et 469.

[19]) Voir les Prop. VII, VIII et IX, Part. III, pp. 481, 501 et 503.

[20]) Comparez les pp. 265, 469, le § 14 de l'Appendice VI, Part. III, p. 615—617, la note 4, p. 619 et enfin la p. 643.

[21]) On peut consulter à ce sujet un échange de lettres qui eut lieu en 1683 entre Fullenius et Huygens; voir les pp. 447—451, 476—478, 534 et 535 du T. VIII de la publication présente; mais voyez aussi la p. 745 et surtout la note 8 de cette page.

[22]) Comparez les p. 534 et 535 du T. VIII.

[23]) Il s'agit probablement de la difficulté sur laquelle Huygens reviendra un peu plus loin; voir la p. 775, et surtout la note 25 de cette page. Il est vrai que cette difficulté y est attribuée à

moti. Tum de utilitatibus ad Solis maculas et Eclipſes [1]) ad inſtrumenta ſeu paradigmata applicita teleſcopia. ad Libellam [2]). an et Laterna magica? [3]) parva teleſcopiola magnis aperturis, vel an hæc omittemus? [4]). Tum de microſcopijs, ſimplicibus compoſitis [5]). Tum de eorum aperturis primo ſimplicium [6]). fortaſſe et de diſtinctionis profunditate [7]). Tum de ſpeculari teleſcopio Newtoni [8]) et quæ ſit ejus apertura. Quomodo duplex imaginis repercuſſio vitari poſſit [9]).

de Parelijs et coronis [1]).

Principium mutandum [10]), dicendumque nos cauſas phyſicas refracti radij expoſuiſſe alio libro [11]). item cur rectis lineis radij ferantur [12]), item cur reciprocentur radij et eorum fractiones [13]), de atmoſpheræ item refractione [14]), et de Cryſtallo Iſlandica, quæ cætera confirment [15]), de Archimede [16]) et Ariſtotele [17]), Alhazeno [18]), Vitellione [18]), Snellio [19]), Carteſio [20]). Breviter refractionis lex in vitro et aqua ponatur [21]).

Subſtitutum pag. 81 dioptrices [22]). pro Quando autem punctum K &c. [23]) quæ 3bis verſibus ibi ſequantur.

Porro poteſt etiam cadere punctum K in centrum lentis A uti in fig. [18] et

Barrow et qu'on la trouve mentionnée dans ses „Lectiones opticæ"; mais on connaît la part prise par Newton dans cette publication, reconnue par Barrow dans sa préface dans les termes suivants: „D. Isaacus Newtonus, collega noster... exemplar revisit, aliqua corrigenda monens, sed & de suo nonnulla penu suggerens, quæ nostris alicubi cum laude innexa cernes". Ainsi il était légitime de supposer, même si Huygens ne le savait peut-être pas d'une autre source, que Newton aussi s'était heurté à cette difficulté sans savoir la résoudre.

Quant à Molyneux il en parle aux p. 118—119 de sa „Dioptrica nova" dans un passage que nous citerons plus loin; voir la note 3 de la p. 830.

1) Voir la Prop. II, Part. I, Liv. III, p. 247.

2) Comparez la note 1 de la p. 2.

3) Voir, p 786, le dessin d'une lanterne magique que nous ajoutons comme Appendice II à ce Complément.

4) Voir, plus loin, le § 1 du Complément IV, p. 820.

5) Voir les Prop. X, XI et XII, Part. III, pp. 515, 521 et 527.

6) Voir les Prop. XIII—XIX, Part. III, p. 531—585.

7) Voir le § 10 de l'Appendice X, p. 687—689 et les p. 692—694 du § 11.

8) Voir le Complément III, p. 803—819.

9) Voir la note 5 de la p. 805 et les énoncés de la cinquième Partie, p. 810, du § 2 et de la deuxième Partie du § 3 du Complément III, p. 815.

[19] [24]); quo casu etiam punctum L eodem incidere necesse est. ratioque magnitudinis apparentis ad veram componetur ex rationibus AB ad BC et CE ad EA. quod hoc modo tunc ostenditur.

Nempe cum ratio apparentis ad veram sit ut semper ea quæ BN ad BO [25]), hæc vero ratio componatur ex rat. BN ad ED, et ex rat. ED seu FE ad OB, quarum BN ad ED est eadem quæ AB ad AE; altera vero FE ad OB eadem quæ EC ad CB, componetur ergo ratio BN ad BO, quæ est magnitudinis apparentis ad veram ex ratione AB ad BC et EC ad EA, ut dicebamus. Et hæc quidem [26]) &c.

---

mettre la Prop. pag. 77 [27]). Et y adjouter [28]). Et ostendere in Telescopijs ex convexa et cava lente compositis res visas longinquas augeri secundum rationem foci distantiæ lentis convexæ ad distantiam puncti dispersus lentis cavæ. In telescopijs vero è duabus convexis compositis amplificationem eam fieri secundum rationem foci distantiæ lentis convexæ exterioris ad foci distantiam interioris [29]). Ainsi

---

[10]) Il s'agit du début de sa „Dioptrique", p. 2—12.
[11]) Il s'agit du „Traité de la lumiere", qui parut en 1690.
[12]) Voir la p. 19 de l'édition originale du „Traité de la lumiere".
[13]) Voir l. c. le dernier alinéa de la p. 36. Les „fractions" d'un rayon sont les rayons de couleurs diverses.
[14]) Voir l. c. le „Chapitre IV", p. 42—48.
[15]) Voir l. c. le Chap. V, p. 48—101.
[16]) Voir les p. 3—5 du Tome présent.
[17]) Voir la p. 3.
[18]) Voir la p. 5.
[19]) Voir les p. 7—9.
[20]) Voir la p. 9.
[21]) Voir les p. 5—13.
[22]) Il s'agit des p. 193—197 du Tome présent.
[23]) Voir le dernier alinéa de la p. 195. Ajoutons que ce qui va suivre constitue évidemment la nouvelle leçon, mentionnée dans la note 3 de cette page 195, que nous n'avions su retrouver.
[24]) Voir les pp. 194 et 197.
[25]) Voir la p 195.
[26]) Voir la p. 197, ligne 2 d'en haut.
[27]) Il s'agit de la Prop. V, Part. I, Liv. II, p. 187.
[28]) Comparez la note 4 de la p. 187.
[29]) Les mots espacés furent biffés plus tard et remplacés par la phrase qui suit: „Ubi proportio amplificationis in Telescopijs, Microscopijsque ostendit".

l'amplification des 2 lunettes ſera prouvée [1]) ſans avoir beſoin de l'expédient de F. [2]) et meſme plus generalement a cauſe de la place de l'oeil libre.

Puis les demonſtrations plus ſimples et ſans proportions compoſees pour les cas des teleſcopes [3]). poſſet ſimpliciter ſic, l'oeil contre le verre concave, et puis en l'eloignant et ouvrant l'oeil [4]). peut-eſtre icy l'erreur de des Cartes [5]). Puis les deux convexes [6]), et premierement dans la poſition ou la proportion de l'augmentation eſt la plus aiſée a montrer. puis faire voir qu'elle eſt la meſme en tranſportant l'oeil [7]).

Microſcope, plus ſimple demonſtration premierement de 2 convexes [8]) car d'un cave et convexe fait voir un trop petit champ. Puis des petites boules et ſimples convexes [9]). obſervations remarquables [9]).

Propoſition, que quelque nombre de verres compoſe un teleſcope ou microſcope, ſi les rayons ſortent paralleles vers l'oeil, on verra l'objet egalement grand, quelque part qu'on place l'oeil [7]). peut eſtre on pourra la mettre comme une conſequence de ce qui a eſtè montrè du teleſcope de 2 verres.

Teleſcope de 3 qui renverſe et fait voir grand champ [10]).

Teleſcope de 3 qui redreſſe [11]). qu'on ſera voir que celuy de 4 vaut mieux [12]).

Teleſcope de 4 [13]).

reflexio non videtur latinum.

de excludenda luce et reflexu ejus à teleſcopij tubis [14]). de ijs quæ ſine tubis [15]). addenda difficultas de circulo quo objectiva lens cingi debet [16]).

Diaphragma primus adhibere docui [17]). Hinc utilitas teleſcopiorum plurimum creſcit. qui ad organa obſervationum quadrantes ſextantes adhibentur. Picardus [18]) in dimens. Terræ ſolertia egregia. deſcriptio Libellæ noſtræ [19]). ad diametros planetarum [20]) et exiguas fixarum et comitum diſtantias [21]). ad aſcenſiones

[1]) Voir les pp. 193 et 197.

[2]) Peut-être s'agit-il d'un passage de la „Synopsis optica" (1667) de Fabri, ouvrage que nous n'avons pas pu consulter; voir la note 5, p. 445 du T. VIII. Comparez la dernière ligne du texte de la p. 832.

[3]) Voir les Prop. I et III, Part III, pp. 443 et 455.

[4]) C'est, en effet, la démonstration donnée en premier lieu pour la Prop. I citée; voir la p. 445.

[5]) Comparez la p. 451.

[6]) Voir la Prop. III, Part. III, p. 455.

[7]) Voir la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233.

[8]) Voir la Prop. XII, Part. III, p. 527.

[9]) Comparez la Prop. XI, Part. III, p. 521.

[10]) Voir la Prop. III, Part. I, Liv. III, p 253 et la Prop. IV, Part. III, p. 461.

[11]) Voir la Prop IV, Part. I, Liv. III, p. 259.

[12]) Comparez la note 2 de la p. 259 et le début de la Prop. V, Part. III, p. 469.

[13]) Voir la Prop. V, Part. III, p. 469.

[14]) Voir le § 6 de l'Appendice VI à la Part. III, p. 603—607.

rectas. La Hire [22]) laudandus. Utilitas ad obſervandas eclipſes, maculas ſolis. tranſitus mercurij et veneris in loco tenebroſo, quæ in hoc lentium diſpoſitio.

Preſbutæ oculi diſpoſitio in his pro vitio non eſt habenda. quæ enim illis conveniunt teleſcopia ac lentium diſpoſitio, eadem quoque optime conſtitutis oculis conveniunt [23]).

[Fig. 26.]

Teleſcopium Newtoni, ejus augmentum explica, quod eſt ſecundum rationem foci diſtantiæ ſpeculi ſeu $\frac{1}{4}$ diametri, ad foci diſtantiam ocularis lentis convexæ [24]).

de cæteris quæ ad ſpecula convexa non perſequor. quia non magni uſus. tantum ad imaginum locum, quandoque extra ſpeculum. Idem continget in ſphæra vitrea vel aqua plena.

Voiez la difficultè de Barrow [25]). Eſſaier avec un miroir concave. Cum uno oculo locum ac diſtantiam imaginis putaverit dicerni poſſe, impegit in ſcopulum iſtum. Ubi locus imaginis nec binis oculis nec motu unius judicatur. binis enim duplex objectum cernitur iſto caſu. Et motus unius

---

[15]) Il s'agit de l'„Astroscopia compendiaria, Tubi optici molimine liberata"; voir l'ouvrage de 1684, cité dans la note 1, p. 488 du Tome VIII.

[16]) Voir la note 19 de la p. 753.

[17]) Comparez la p. 473.

[18]) Voir sur Jean Picard et ses travaux sur la mesure d'un degré du méridien la note 8, p. 50 du T. VI.

[19]) Comparez la note 1 de la p. 2.

[20]) Voir la p. 82 de l'édition originale du „Systema Saturnium", citée dans la note 2, p. 441 du T. II.

[21]) Ici et dans les phrases qui suivent Huygens procède à enumérer toutes les observations dans lesquelles l'emploi d'un diaphragme peut être utile.

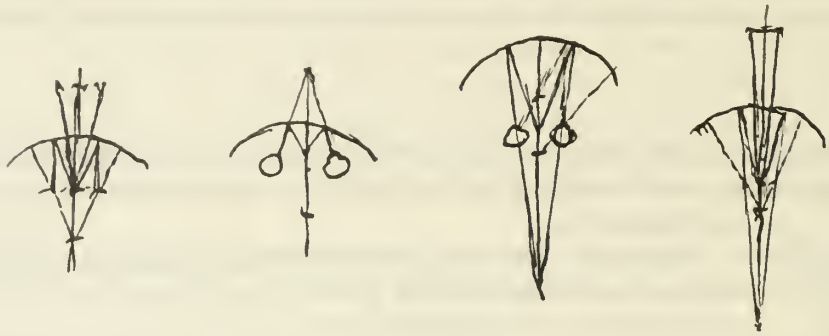
[22]) Consultez sur Philippe de la Hire la note 1, p. 282 du T. VIII.

[23]) C'est pourquoi Huygens n'a pas cru nécessaire de traiter le cas des presbytes aux pp. 247 et 445 où il s'occupe de l'accomodation des lunettes pour l'usage des myopes.

[24]) Voir la Fig. 26 où Huygens représente la route d'un rayon qui passe par le foyer du miroir; montrant de cette manière que le grossissement doit être dans le rapport des angles qui, dans la figure en question, sont marqués d'un petit arc de cercle, lequel rapport égale évidemment celui mentionné dans le texte.

[25]) On trouve exposée cette difficulté au dernier paragraphe de la dernière „Lectio", p. 125 des „Lectiones opticæ", où Barrow s'exprime comme il suit: „Hæc sunt, quæ circa partem *Opticæ* præcipuè *Mathematicam* dicenda mihi suggessit meditatio.... proinde receptui cano; nec ita tamen ut prorsus discedam, anteaquam improbam quandam difficultatem (pro sinceritate quam & vobis & veritati debeo minimè dissimulandam) in mediam protulero, quæ doctrinæ nostræ, hactenus inculcatæ, se objicit adversam, ab ea saltem nullam admittit

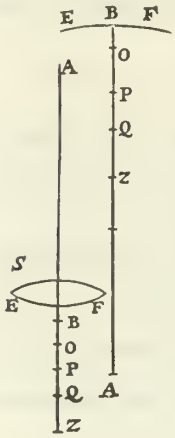
[Fig. 27.] [Fig. 28.] [Fig. 29.] [Fig. 30.]



non facit parallaxin, ſed plus movetur objectum quam ipſe oculus. Unde ergo locus imaginis aliquo modo percipitur? Sola apparentia magnitudine notæ rei.

---

solutionem. illa, breviter, talis est: *Lenti vel speculo cavo* EBF exponatur visibile punctum A, ita distans, ut radii ab A manantes ex inflectione versus axem AB cogantur; sitque radiationis limes (seu puncti A imago, qualem supra passim statuimus) punctum Z; inter hoc autem & inflectentis verticem B uspiam positus concipiatur oculus. quæri jam potest, ubi loci debeat punctum A apparere. retrorsum ad punctum Z videri natura non fert (cùm omnis impressio sensum afficiens proveniat a partibus A) ac experientia reclamat. nostris autem è placitis consequi videtur ipsum, ad partes anticas apparens, ab intervallo longissimè dissito, (quod & maximum sensibile quodvis intervallum quoddammodò exsuperet) apparere. cùm enim quò radiis minùs divergentibus attingitur objectum, eò (seclusis utique prænotionibus, & præjudiciis) longiùs abesse sentiatur; & quod parallelos ad oculum radios projicit, remotissimè positum æstimetur; exigere ratio videtur, ut quod convergentibus radiis apprehenditur, adhuc magìs, si fieri posset, quoad apparentiam elongetur. quin & circa casum hunc generatim inquiri possit, quidnam omninò sit, quod apparentem puncti A locum determinet, faciatque quòd constanti ratione nunc propius, nunc remotius appareat; cui itidem dubio nihil quicquam ex hactenus dictorum *Analogia* responderi posse videtur, nisi debere punctum A perpetuò longissimè semotum videri. Verùm experientia secùs attestatur, illud pro diversâ oculi inter puncta B, Z positione variè distans; nunquam ferè (si unquam) longinquius ipso A liberè spectato, subindè verò multo propinquius adparere; quinimò, quò oculum appellentes radii magìs convergunt eò speciem objecti propiùs accedere. nempe, si puncto B admoveatur *oculus*, suo (ad lentem) ferè nativo in loco conspicitur punctum A (vel æquè distans, ad *speculum*); ad O reductus oculus ejusce speciem appropinquantem cernit; ad P adhuc vicinius ipsum existimat; ac ità sensim, donec alicubi tandem, velut ad Q, constituto oculo objectum summè propinquum apparens in meram confusionem incipiat evanescere. quæ sanè cuncta rationibus atque decretis nostris repugnare videntur, aut cum iis saltem parùm amicè conspirant. . . . "



Remarquons, pour mieux faire ressortir la portée de ce passage, qu'à commencer par la „Lectio XVI", p. 111, Barrow distingue entre l'image absolue („imago absoluta") et l'image relative („relata") d'un point lumineux; la première n'est autre, en parlant en termes moder-

voir Rohaut [1]), explication du telescope. il ne l'a pas. voiez les transactions, ce que Newton dit de la differente refraction des couleurs [2]). aberrationis diameter esset $\frac{1}{50}$ diametri lentis [3]) aperturæ sed color ruber cum flavo tantum lucidi, præsertim radij non a sole sed alijs rebus manantibus [4]). Et istorum colorum exigua tantum diffusio. nec puto major aberratio inde orta quam $\frac{1}{200}$ apertura lentis [5]). probatur picturæ nitore ac subtilitate in loco clauso.

Coupper le cristal de roche perpendiculairement à l'axe, pour voir si alors il ne doublera pas les objets, ou lors que les deux plans du prisme couperont l'axe a angles egaux contraires [6]).

arcesso non accerso. Grævius in Suetonio [7]).

Correspondens punctum [8]).

definitiones quædam scribendæ.

quid axis duarum [9]) et unius [10]).

---

nes, que le point de rebroussement de la catacaustique ou diacaustique du point lumineux; la seconde est identique avec le point où cette courbe est touchée par la tangente qui passe par le lieu où se trouve l'oeil. Or, c'est d'après Barrow dans ce dernier point, qu'il sait déterminer dans plusieurs cas avec beaucoup de sagacité, que l'observateur localisera l'image qu'il aperçoit.

Ajoutons que c'était évidemment au même passage des „Lectiones opticæ" que Huygens fait allusion dans sa lettre du 22 janvier 1670 à Oldenburg, p. 3 du T. VII. Et nous devons avouer que la note 4, ajoutée à cette page, n'est pas exacte. L'erreur de Barrow ne consiste pas dans ce qu'il identifie au § XII de la „Lectio IX" (p. 67 et 68 des „Lectiones") le point de concours des rayons obliques voisines avec l'image „absolue", mais dans ce qu'il considère ce point de concours comme le lieu précis où un spectateur, se trouvant dans la direction des rayons obliques réfléchis, placerait l'image du point lumineux.

[1]) Voir sur Jacques Rohault la note 4 de la p. 210 du T. III et sur son „Traité de physique" la note 10 de la p. 296 du même Tome. Or, aux §§ 25—27 du Chap. 33 (p. 360—362 de l'édition latine de 1674), Rohault traite, il est vrai, la lunette hollandaise, mais d'une manière superficielle qui évidemment ne pouvait pas sembler satisfaisante à Huygens.

[2]) Comparez la note 6 de la p. 483.

[3]) Consultez la note 3 de la p. 484.

[4]) Comparez le deuxième alinéa de la p. 487.

[5]) Comparez la note 4 de la p. 629 et la note 6 de la p. 631 de l'Appendice IX à la Troisième Partie.

[6]) Nous aurons l'occasion de revenir sur cette phrase à propos de notre réédition du „Traité de la lumiere" dans un des Tomes qui suivront.

[7]) Il s'agit probablement de l'ouvrage suivant: „C. Suetonius Tranquillus ex recensione Joannis Georgii Graevii. ed. II. Hagæ Comitis apud J. a. Velsen, Traject. ad Rhen. typ. R. a. Zyll et A. Schouten. MDCXCI". Voir les pp. 5 (Vita Caes. 2) et 514 (Vita Neronis 20) de cet ouvrage. D'ailleurs on trouve le mot en question à la p. 533 du Tome présent.

[8]) Ces bouts de phrase et quelques autres qui suivent aux pp. 781 et 782 devaient évidemment trouver emploi dans la rédaction définitive de la „Dioptrique".

[9]) Allusion au cas de deux lentilles dont les axes optiques ne coïncident pas nécessairement avec la dernière exactitude.

[10]) Comparez la p. 835 qui suit.

quid focus. punctum difperfus [1]).

de multum aperienda lente majori ad obfervationes fatellitum ♄ et ftellularum [2]).

§ 9 [3]).

[1692?]

Demonftraffe nos in libro de luce cur rectis lineis terantur radij [4]) cur incidens et reflexus in plano eodem perpend.i ad fuperficiem reflectentem, cur anguli incidentis et reflexi radij inter fe æquales fint [5]). rationibus quidem et hypothefibus phyficis ut neceffario faciendum erat fed quæ egregie confirmantur confenfu experientiæ cum rebus ex principijs adfumtis fluentibus. præfertim quoque

---

[1]) Voir sur ces définitions les p. 17—19.

[2]) Consultez la p. 511.

[3]) Ce paragraphe est emprunté à une feuille séparée qui doit dater de 1692 ou plus tard, puisque l'ouvrage de Molyneux de cette année y est mentionnée; voir la note 3 de la p. 782.

[4]) Voir la p. 19 du „Traité de la lumiere" de 1690.

[5]) Voir le Chap. II „De la Reflexion", p. 21—26 du „Traité de la lumiere".

[6]) Voir, du même ouvrage, le Chap. V. „De l'Etrange Refraction du Cristal d'Islande".

[7]) Consultez la note 1 de la p. 4. Ajoutons toutefois que la septième scolie en question est due à un commentateur; le pseudo-Euclide lui-même commence par admettre, par supposition, que les distances au point de réflexion des pieds des perpendiculaires, abaissées de l'objet et de l'oeil de l'observateur sur le plan du miroir, sont proportionnelles à ces perpendiculaires mêmes; après quoi il lui est facile de prouver l'égalité des angles; voir les pp. 286 et 288 du T. VII de l'édition de Heiberg des „Opera omnia" d'Euclide.

[8]) Dans l'„Opticæ Thesaurus" d'Alhazen (cité dans la note 26, p. 9 du T. I) le „Lib. IV, Caput III" contient la proposition suivante: „18. Radij incidentiæ & reflexionis, situs similitudine conveniunt. Itaque anguli incidentiæ & reflexionis æquantur".

[9]) Sans doute il s'agit surtout de Ptolémée et de Vitellion. En effet, au „Lib. V, 10" de l'Optique de Vitellion (citée dans la note 6, p. 6 du T. I) on trouve la proposition suivante: „In speculis planis radij obliquè incidentis fit ad aliam partem reflexio: semperque angulum incidentiæ æqualem esse angulo reflexionis experimentaliter comprobatur". Vitellion en cherche la raison dans le principe formulé dans le Théor. 5 du même livre: „Natura agit in omnibus secundum lineas breviores. Euclides in præfatione opticorum. Ptolemæus 1 th. 1 catoptr." Plus loin au Théor. 18 il fait suivre: „Omnis res visa per speculum quodcunque, sub brevissimis lineis comprehenditur à visu. Ptolemæus 4 th. 1 catoptr.", et de même au Théor. 19: „Lineæ incidentiæ & reflexionis, continentes angulos æquales cum perpendiculari à puncto sui concursus super superficiem speculi plani vel convexi extracta, sunt breviores omnibus lineis ab eisdem terminis super eandem superficiem productis, continentibus angulos inæquales cum perpendicularibus a punctis sui concursus extractis". Évidemment il sait très bien que dans le cas d'un miroir concave la route suivie par la lumière n'est pas toujours la plus courte; c'est pourquoi il conclut au Théor. 20: „In omni reflexione à quibuscunque speculis facta, semper angulus incidentiæ est æqualis angulo reflexionis: ex quo patet,

refractione mirabili Iſlandicæ cryſtalli [6]). Cujus cauſas mirabor ſi quis alia ulla ratione explicit.

De angulis æqualibus in reflexione fruſtra ſunt Euclides [7]) Alhazenque [8]), alij [9]). Item de loco imaginis [10]). Et hic quoque Carteſius, Barrovius nam cum uno oculo diſtantiam judicari volunt [11]), quod et Keplerus pag. 63 Para-

---

quòd linearum inæqualitas naturam reflexionis non immutat. Euclides 1 th. catoptr. Ptolemæus 4.5 th. 1 catoptr. Alhazen 10.18 n 4". Ici les lignes dont il s'agit sont bien les intersections de la surface avec le plan de la réflexion, puisque plus loin il explique qu'on peut remplacer le miroir concave par un miroir convexe possédant au point de la réflexion le même plan tangent.

[10]) En effet, les anciens se sont déjà occupés du lieu où le spectateur place l'image qu'il aperçoit dans un miroir plan ou sphérique. D'après le pseudo-Euclide (pp. 286, 312—314 du T. VII de l'édition de Heiberg, citée dans la note 6), comme d'après Alhazen („Opticæ Thesaurus", Lib. V, secunda pars „De locis imaginum") et Vitellion („Opticæ libri decem", Lib. V), elle se trouve au point d'intersection du rayon réfléchi qui pénètre dans l'oeil avec la perpendiculaire abaissée de l'objet sur la surface réfléchissante, plane ou sphérique. Et pour justifier cette conclusion Alhazen remarque que, puisque l'expérience nous apprend qu'on n'aperçoit pas l'image dans la surface réfléchissante elle-même, il est plus rationnel qu'elle soit aperçue sur cette perpendiculaire que hors d'elle.

[11]) Voici comment Descartes s'exprime sur l'évaluation des distances au „Discours sixiesme. De la vision" de sa Dioptrique, p. 137—140 de l'édition récente d'Adam et Tannery: „La vision de la distance... depend... premierement de la figure du cors de l'oeil; car, comme nous auons dit, cete figure doit estre vn peu autre, pour nous faire voir ce qui est proche de nos yeux, que pour nous faire voir ce qui en est plus esloigné... Nous cognoissons, en second lieu, la distance par le rapport qu'ont les deux yeux l'vn a l'autre. Car, comme nostre aveugle, tenant les deux bastons... dont ie suppose qu'il ignore la longueur, & sçachant seulement l'interuale qui est entre ses deux mains..., & la grandeur des angles... peut de là..... cognoistre où est le point E" [où les bâtons se croisent] „ainsi, quand nos deux yeux... sont tournés vers X, la grandeur de la ligne Ss" [la distance entre les deux yeux] „& celle des deux angles... nous font sçavoir où est le point X. Nous pouvons aussy le mesme par l'aide d'vn oeil seul, en luy faisant changer de place.... Nous auons encore une autre façon d'apercevoir la distance, a sçavoir par la distinction ou confusion de la figure, & ensemble par la force ou debilité de la lumiere.... Enfin, quand nous imaginons desia d'ailleurs la grandeur d'vn objet, ou sa situation, ou la distinction de sa figure & de ses couleurs, ou seulement la force de la lumiere qui vient de luy, cela nous peut servir, non pas proprement a voir, mais a imaginer sa distance".

Quant à Barrow aux §§ XX—XXII de la „Lectio V", p. 44—46, des „Lectiones opticæ", l'ouvrage cité dans la note 14, p. 505 du T. VI, il traite le lieu occupé par l'image d'un point lumineux situé dans un milieu réfringent séparé par une surface plane de celui où l'oeil est placé. Sa solution s'applique au cas général où le point lumineux est à une distance quelconque de la perpendiculaire abaissée de l'oeil au plan réfringent et prolongée dans le milieu où se trouve le point lumineux. Elle désigne (comparez le deuxième alinéa de la note 25 de la p. 775) pour le lieu de l'image le point où la tangente menée du centre de la pupille touche la diacaustique du point lumineux, et Barrow cherche à justifier cette solution par la considération des rayons qui entrent dans la pupille à côté de son centre. Voir encore à propos de cette conception la note 1 de la page suivante.

lip. [1]), incidunt in difficultatem in qua hærere ſe fatetur Barrovius [2]).

Keplerus ibidem aliter quoque et rectè ex intuitu utriuſque oculi imaginem definire docet [3]).

Keplerus ijſdem paralip.is pag. 105 et ſeqq. enixe quærit figuram lentis quæ à puncto venientes radios parallelos reddat [4]), poſtquam refractionis leges quæſivit ſed non reperit veras [5]). Quibus poſtea per Snellium Carteſiumque conſtitutis, quam plana ac perſpicua nunc evaſerunt tum quæ ad figuras iſtas refractioni idoneas, tum ad cæterum dioptricen ſpectant. Keplerus a vera lege refr.m non multum aberat, ejuſque diligentiam æmulatus ac veſtigijs inſiſtens Snellius fere rem abſolvit [6]).

Cum Porta picturam in lente cryſtallini fieri putaret [7]), Keplerus primus ut puto ad fundum retinæ eam tranſtulit. pag. 211 [8]).

Cum Porta ſcriptum reliquiſſet, ſi utramque recte componere noveris, &c. [9]) mirum eſt Keplerum nihil ejuſmodi expertum. Scribit enim hoc Porta in magicæ natur.lis libris, quos viderat Keplerus, nam opticen ejus [10]) ait ſe non vidiſſe [11]).

---

[1]) Dans cet ouvrage de Kepler, que nous avons cité dans la note 1, p. 6, tout le Chap. III (p. 56—76) „De fundamentis Catoptrices & loco imaginis." est consacré à la discussion de la manière dont la distance est évaluée et du lieu que nous désignons à l'image par réflexion ou réfraction d'un point lumineux. Dans la Prop. VIII (p. 62) et plus loin dans les Prop. XVI—XIX (p. 67—74) il s'occupe de la vision binoculaire, mais puisque l'expérience nous apprend, comme il le dit, que nous savons évaluer le lieu d'une image avec un seul oeil, il en cherche la cause dans les dimensions de la pupille dont le diamètre peut servir de base à cette évaluation tout comme il en est dans la vision binoculaire avec la distance des deux yeux. Ainsi à la p. 63, mentionnée par Huygens, on trouve la Proposition suivante: „Prop. IX. Id verò triangulum distantiæ mensorium etiam in vno oculo potest considerari, vt vertex sit in puncto rei visæ, basis in latitudine pupillæ, & diametro pupillæ ea, quæ coincidit cum linea connectente puncta vtriusque pupillæ". Il comprend très bien que ces évaluations différentes peuvent se contredire; mais, dit-il (p. 64): „Id verò si quis attentet, primum difficulter impetrat, identidem enim pro vna duas cernit imagines, deinde visum vehementer lædit, & dolores capitis excitat".

[2]) Voir la note 25, p. 775.

[3]) Voir les Prop. VIII et XVI—XIX mentionnées dans la note 1 et le passage suivant, p. 29 de sa Dioptrique: „LXVIII. Res cognitæ magnitudinis, & incognitæ distantiæ, ut facies hominis adulti, unico oculo sub magno visionis angulo ex inopinato comprehensa, videtur propinqua, sub paruo remota per LXVII.

Est conversa demonstratio prioris. Unico vero oculo visionem oportet esse peractam; quia dualitas & distantia oculorum (nec minus & motus capitis, vicem supplens plurium distantium inter se oculorum) distantiam rei, si proportionata est, ex incognita reddit cognitam".

[4]) Voici le passage auquel Huygens fait allusion ici: „Quæsitum.... fuit, qualisnam esset superficies aquæ vna & continua, quæ exceptas ab aliquo propinquo puncto radiationes omnes, & divergentes in plagas varias, refractione facta prohiberet diuergere, sed parallelos porrò mitteret. Parabole esset, an hyperbole, an Ellipsis, diu fuit dubitatum. Pro parabola

Repercuſſos [12]) radios dici vult non reflexos, et repercuſſum pro reflexione uſurpat, rectè. repelluntur. retroaguntur. ſpeculum remittit radios. a ſpeculo reſiliunt.

prope intueri. i. e. ex propinquo.

concurſus radiorum, rectè. quo defluunt vel affluunt radij, quo tendunt, ferunturſ, deferuntur, coeunt, conveniunt, contendunt, diriguntur.

infractio radiorum melius quam refractio, illud invenitur hoc non.

franguntur radij. deflectunt. detorquentur. inflectuntur. obliquantur, in obliquum flectuntur. rumpuntur. deflexus radius.

decuſſantur radij, bene. decuſſatio, poteſt uſurpari.

a puncto manant, exeunt. feruntur, promanant, effunduntur, prodeunt, ſe expandunt, discedunt (divergunt non bene.) oriuntur, veniunt, emittuntur. ad punctum pertinent radij. ad punctum colliguntur.

Extenſio, non latinum. viſio, bonum.

Exceſſus non ſignificat ὑπεροχὴν. ſed abitum aut mortem.

---

niſi relationem diverſorum punctorum conjugatorum ad eandem ſuperficiem, itemque ad eandem lentem pertinentium conſideremus, nihil explicari poteſt de

---

faciebat æquidistantia, quam Parabola repercussu exhibet. Pro hyperbola loquebatur anatomica experientia, de qua infra in oculi consideratione." Ajoutons que dans la dernière phrase Kepler renvoie à la p. 167 de son ouvrage, où il est est dit à propos de la surface postérieure du cristallin: „figura ipsi est conoides hyperbolica, hyperbola circa axem circumducta. Sic enim refert Jessenius, non sphæricum esse, quod Platterus aiebat, sed valdè protuberare, & oblongum fieri, quasi in conum assurgat".

5) Consultez la note 1 de la p. 6 du Tome présent.

6) Comparez les p. 7—9.

7) Consultez sur l'opinion de Porta la note 4 de la p. 792.

8) En effet, on lit à la page citée des „Ad Vitellionem paralipomena": „picturam in crystallino adhuc confusam esse admodum, præsertim dilatato foramine uveæ, nec fieri visionem per coniunctionem lucis cum crystallino, sed descendere in retinam, descensuque eo & magis separari diuersorum, & conjungi eiusdem puncti radiationes, inque ipsa retina locum esse collectionis ad punctum, quæ euidentiam picturæ præstat".

9) Voir le dernier des passages cités dans la note 7 de la p. 436.

10) Il s'agit de l'ouvrage de 1593 mentionné dans la note 2 de la p. 586.

11) À la p. 210 des „Ad Vit. par." Kepler, après avoir critiqué un passage de la Magie naturelle de Porta, apostrophe l'auteur comme il suit: „Respondes quidem: in nostris opticis fusius declaratum est: quæ mihi diligenter inquisita videre non contigit".

12) Évidemment ce qui suit constitue comme un répertoire de mots et de phrases qui pourraient servir dans une rédaction latine de la „Dioptrique"; voir encore la note 8 de la p. 777 et la note 4 de la p. 782.

effectu telescopij nec microscopij. hoc autem nemo fecit, non Cartesius, Barrovius [1]), nec Jac. Gregorius [2]).

'E pulcherrimis naturæ operibus, corpora diaphana cum liquida tum solida.

Molineux dioptrica [3]).

§ 10 [4]).

[1692?]

picturata.

picturam, imaginibus illustrem, distinctam, lucentem, ornatam, splendentem.

aspectabile. visibile. res visa.

augmen vel auctus. incrementum.

ampliatur.

amplificatio. dilatari. species aucta.

Illabuntur radij, affluunt, dimanant, defluunt, fluunt, exeunt, egrediuntur. adveniunt, incidunt, accidunt, manant. feruntur

respondens. respondet hoc punctum illi

mutuo respondentia puncta

mutui respectus.

conjugata.

dilucida imago, species

dioptræ cum orb[i]culis vitreis.

Tubus opticus.

angulus opticus. amplitudo latitudo campi.

repercussum melius quam reflexum. reflexio non dicitur.

visio, idem quod species. distincta visio h. e. species. visus recte. distincta perceptio, bonum. visorius non dicitur.

novissima demonstratio.

excessus, malè. secundum hanc regulam, malè. melius, ex hac regula. juxta hic etiam malè.

---

[1]) Toutefois Barrow dans la „Lectio XIV", p. 98—104, de ses „Lectiones opticæ" apprend à calculer et à construire l'image d'un point, situé sur l'axe d'une lentille donnée, mais ne s'étant pas aperçu de l'usage qu'on peut faire des foyers pour simplifier la construction dans le cas qu'on néglige l'épaisseur de la lentille, il est loin de formuler une règle aussi élégante et facilement applicable que celle donnée par Huygens dans la Prop. XX, p. 99 du Tome présent.

[2]) Il s'agit de l'„Optica Promota" de 1663; ouvrage cité dans la note 6 de la p. 330 du T. IV.

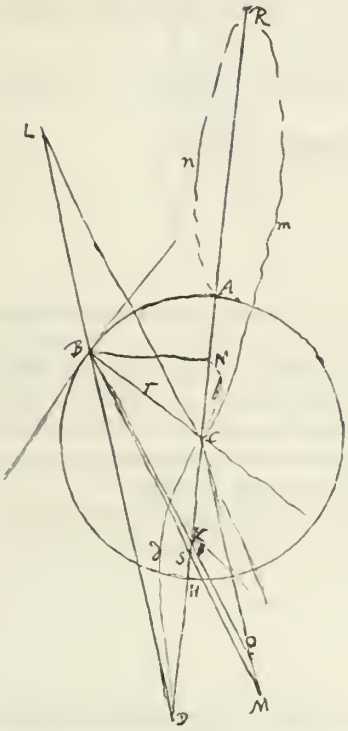
[3]) Voir l'ouvrage de 1692 cité dans la note 11, p. 260 du T. X.

[4]) Ce paragraphe est emprunté à une feuille séparée. Il continue le répertoire dont il est question dans la note 12 de la p. 781.

APPENDICE I[1])

AU PREMIER COMPLÉMENT À LA DIOPTRIQUE.

[1690.][2])



CR ad RA proportio refractionis.
DR ad DA ut DC ad DS[3]).
CM parallela BD.
BSM recta linea.
Oſtendendum BM ad MC rationem minorem eſſe quam CR ad RA, ſi DC ad CH habeat majorem quam CR ad RA[4]).

DR $(d+m)$ ad DA $(d+r)$ ut DC (d) ad DS $\left(\frac{dd+dr}{d+m}\right)$ hinc S concurſus ad D tendentium.

---

[1]) Nous empruntons cet Appendice à la p. 34 du Manuscrit G.

[2]) D'après le lieu qu'il occupe au Manuscrit G. Comparez à ce propos la note 3 de la p. 766.

[3]) Comparez la Prop. XII, p. 41. Il résulte de cette proposition, comme Huygens le fera remarquer bientôt, que le point S est le point de concours après la réfraction par la surface BA des rayons LB dirigés primitivement vers le point D.

[4]) Ce qui va suivre a pour but de vérifier l'assertion (qu'on trouve à la p. 51 du Tome présent) que le point K où le rayon réfracté BKO coupe l'axe RC est situé en deçà (par rapport à la surface réfringente) du point de concours S toutes les fois qu'on aura DC : CH > CR : RA. En effet la vérité de cette assertion est une conséquence presqu'immédiate de l'inégalité que Huygens se propose de prouver. Pour le montrer il suffit de copier ici quelques phrases des pp. 50 et 52 en y changeant les notations pour autant qu'elles sont différentes dans la Fig. 23, p. 51, et dans celle de l'Appendice présent. Nous y lisons alors: „Or, le rapport CR : RA, égal à l'indice de

DR $(d+m)$ ad RA (n) [1]) ut DC (d) ad CS $\left(\frac{dn}{d+m}\right)$ [2]).

BD $(\sqrt{dd+rr+2db})$

SB $\left(\sqrt{\frac{ddnn}{dd+2dm+mm}+rr+\frac{2bdn}{d+m}}\right) \infty\, q.$

DS $\left(\frac{dd+dr}{d+m}\right)$ ad CS $\left(\frac{dn}{d+m}\right)$ ut DB $(\sqrt{dd+rr+2db})$ ad BL $\left(\frac{n\sqrt{dd+rr+2db}}{d+r}\right)$ [3])

DS $\left(\frac{dd+dr}{d+m}\right)$ ad SB (q) ut DC (d) ad CL $\left(\frac{dq+mq}{d+r}\right)$

CL $\left(\frac{dq+mq}{d+r}\right)$ vel BM [4]) ad BL $\left(\frac{n\sqrt{dd+rr+2db}}{d+r}\right)$ vel MC [4]) $\|$ [5]) m ad n

$$ddnn+ddrr+2dmrr+mmrr+2bddn+2bdnm \,\|\, mmdd+mmrr+2mmdb$$

$$drr+2bdn+2mrr \,\|\, mmd-nnd+2mmb-2nmb$$ [6])

---

réfraction est égal à BO : OC," [voir la Prop. II, p. 15] „vu que BO est le rayon réfracté provenant du rayon LB, auquel on a mené la parallèle CO. Par conséquent, BM : MC < < BO : OC". [d'après l'inégalité en question] „Or, l'angle BCM, étant égal à l'angle LBC, est nécessairement obtus; et chacune des lignes BO, BM est opposée à cet angle. On aura donc CO < CM," [voir le lemme 2, p. 29] „et par conséquent l'angle CBO < CBM. C'est pourquoi CK est aussi plus petite que CS. L'on voit ainsi que tous les rayons réfractés, provenant de rayons qui se dirigent vers le point D, coupent l'axe en-deçà du point S".

Quant à l'inégalité en question BM : MC < CR : RA, elle est démontrée géométriquement aux p. 49—51 d'une manière assez compliquée. C'est pourquoi Huygens entrepend ici de la vérifier algébriquement.

[1]) On a donc $n = m - r$.

[2]) La proportion se déduit de celle qui précède.

[3]) CL est tirée parallèlement à BM.

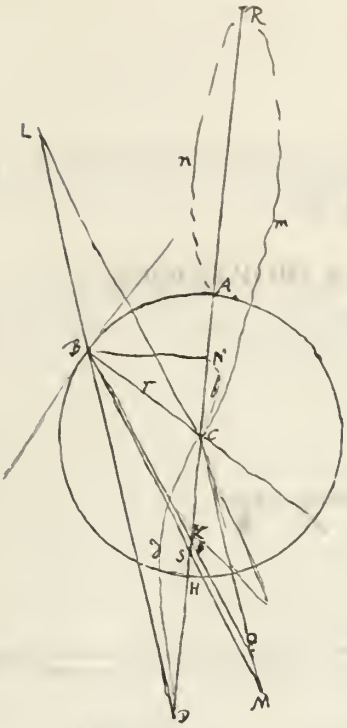
[4]) Puisque CLBM est un parallélogramme.

[5]) Signe équivalent au signe moderne <. Huygens se propose donc de déterminer sous quelle condition on aura BM : MC < CR : RA. Après quelques réductions il arrive un peu plus loin à une inégalité qui évidemment est équivalente à la condition DC : CH > CR : RA et, puisque l'on peut remonter la chaîne des réductions, il s'ensuit que la proposition que l'on trouve en tête de cet Appendice est prouvée.

[6]) Les deux derniers termes sont remplacés dans l'équation qui suit par leur équivalent $2mrb$.

[7]) C'est-à-dire, en divisant les deux membres par $2(r-b)$.

[8]) Remarquons que, puisque toutes les relations employées sont exactes (et non pas seulement



$$2mrr - 2mrb \,\|\, mmd - mnd - rrd - 2bnd$$

$$mnd + 2nrd + rrd \text{ pro } mmd;\ mr \,\|\, nd\ ^{7}\text{)};$$

$$\frac{mr}{n} \,\|\, d \text{ bon}\ ^{8}\text{)}.$$

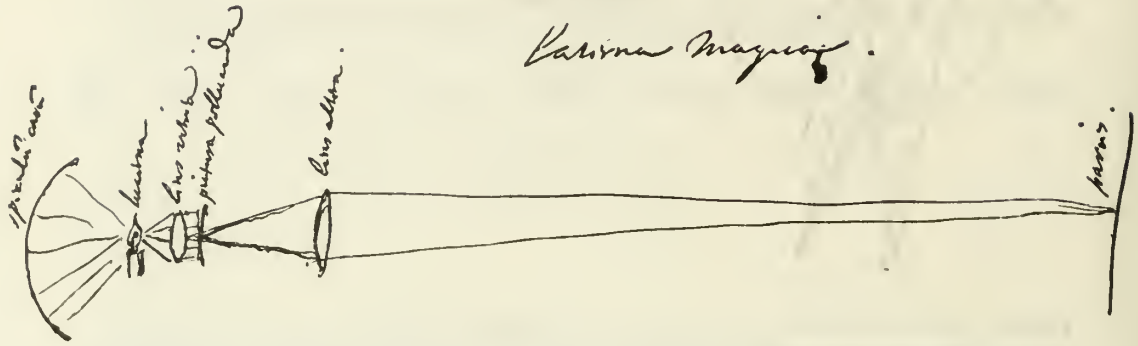
---

approximatives), il s'ensuit que quand on aura $mr = nd$ le point K coïncidera pour tous les rayons du faisceau LBD avec le point S, c'est-à dire qu'on aura affaire au cas bien connu où les rayons correspondant à un point donné se réunissent exactement dans un autre. Comparez la p. 49.

APPENDICE II [1])

AU PREMIER COMPLÉMENT À LA DIOPTRIQUE.

[1694.] [2])



[1]) Le dessin d'une lanterne magique, que nous reproduisons ici, a été emprunté à la p. 95 du Manuscrit I. Comme il résulte d'une annotation que l'on rencontre dans le projet: „De Ordine in Dioptricis nostris servando" (voir la p. 772, l. 2), Huygens a pris en considération, lors de la rédaction de ce projet, d'admettre la laterne magique parmi les sujets à traiter dans sa Dioptrique.

[2]) D'après le lieu que la pièce occupe au Manuscrit I.

DEUXIÈME COMPLÉMENT À „LA DIOPTRIQUE".

[Recherches ſur la conformation de l'oeil et ſur la théorie de la viſion.]

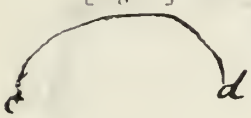
[1667—1691.]

§ 1. [1])

1667.

[Première Partie.] [2])

[Fig. 1.]



Le diametre de l'oeil. cd [Fig. 1]. 11 lig. $\frac{1}{2}$ [3]) 31 partie $\frac{1}{2}$ [4]).

L'ouuerture de la cornée 5 lignes 19 parties [5]), EF [Fig. 2].

la circonf. d'vn cercle dont le rayon eſt $\frac{3}{10}$ [6]) pour leminence de la cornée

---

[1]) Ce paragraphe contient les résultats de la dissection de l'oeil d'une femme par Pecquet, en présence de Huygens. Voir sur Jean Pecquet, la note 7, p. 226 du T. IV.

[2]) Cette première partie, empruntée à une feuille séparée fut écrite à l'exception de la dernière phrase par une autre main que celle de Huygens. Elle nous semble constituer le procès-verbal de la dissection, tel qu'il fut composé par Pecquet lui-même.

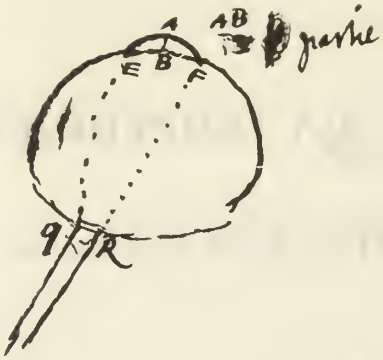
[3]) Lignes parisiennes de 2,2558... mM.; voir la deuxième Partie qui suit.

[4]) Probablement ces „parties" sont les divisions de la mesure employée par Pecquet. Par conséquent, une de ses parties vaudrait environ $\frac{23}{63}$ ou 0,36.. ligne (0,822.. mM.), et c'est là, en effet, la valeur employée par Huygens dans la deuxième Partie, qui suit, pour la réduction en lignes des mesures prises par Pecquet et exprimées en „parties".

[5]) D'après cette donnée une partie vaudrait 0,26.. ligne; mais voyez la note 5 de la p. 789.

[6]) C'est-à-dire $\frac{3}{10}$ d'un pouce parisien; comparez la deuxième Partie qui suit.

[Fig. 2.]



Eq 26 partie

FR 29 parties

qR 5 parties

EG [Fig. 3] parties 13 havt

lefpeffeur de la cornée $1\frac{1}{2}$

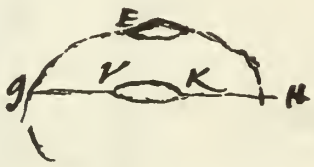
GH 18 parties

VK 11

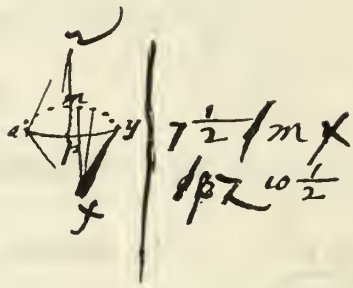
lefpeffeur du cryftallin $6\frac{1}{2}$

foyer 6

[Fig. 3.]



[Fig. 4.]



Mr. Pecquet fit cette anatomie chez moy a Paris [1]).

[Deuxième Partie] [2]).

5 Febr. 1667.

Oculum mulieris coram nobis diffecuit Pecquetus, cujus menfuræ repertæ funt iftæ.

$31\frac{1}{2}$ [3]). Diameter oculitotius AB [Fig. 5] $11\frac{1}{2}$ linearum five duodecimarum pollicis pedis parifienfis [25,9.. mM.] [4]).

Corneæ latitudo CD 5 lin. [5]) [11,2.. mM.].

---

[1]) Cette phrase est de la main de Christiaan Huygens.

[2]) Cette Partie est empruntée à la p. 135 du Manuscrit C. Elle fut déja reproduite par M. M. Straub dans les „Klinische Monatsblätter fur Augenheilkunde", Neue Folge, Bd. 5, Jahrgang 1908, p. 297.

[3]) Ce sont les „parties" dont il est question dans la note 4 de la p. 787.

[4]) Nous ajoutons ici et dans la suite les mesures en millimètres.

$1\frac{1}{2}$. Corneæ craſſitudo EF $\frac{1}{2}$ lin. [1,1.. mM.].

Convexitatis corneæ radius $\frac{3}{10}$ pollicis [8,1.. mM.].

CG inter corneam et proceſſus ciliares $4\frac{1}{2}$ lin. circiter. [10,1.. mM.].

$10\frac{1}{2}$. Convexitatis lentis cryſtallinæ parte anteriori radius erat $3\frac{8}{10}$ lin. [8,5.. mM.].

$7\frac{1}{2}$. parte poſtica $2\frac{7}{10}$. [6,0.. mM.].

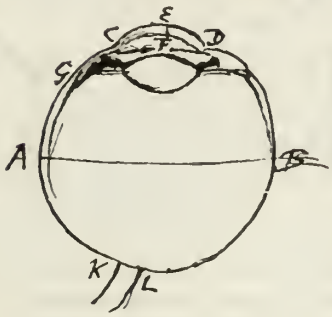
$6\frac{1}{2}$. Craſſitudo lentis cryſtallinæ $2\frac{3}{10}$ lin. [5,1.. mM.].

6. Foci diſtantia a lentis ſuperficie $2\frac{2}{10}$. [4,9.. mM.].

11. Diameter ejuſdem lentis 4 lin. [9,0.. mM.].

5. Craſſitudo nervi optici KL $1\frac{8}{10}$ lin. [3,1.. m.M].

[Fig. 5.]



Lens cryſtallina proxime ſubjacebat uveæ proceſſui qui pupillam efficit. ſatis mollis digitis compreſſa videbatur ut credibile ſit figuram mutare potius cum ad res propinquas admodum oculus convertitur, quam ut locum mutet [6]). quod vel hinc vix fieri poteſt quoniam propius ad corneam accedere deberet, cui jam adeo propinqua eſt, ut parum proficere poſſit is motus. neque ſane pupillam impellit; quia hoc ſi fieret, extrinſecus appareret alterius oculum inſpicienti.

Non videbatur tunica aliqua involvi lens cryſtal-

---

[5]) On remarquera qu'on ne trouve pas ici indiqué à côté, comme partout ailleurs, le nombre des „parties", probablement parce que ce nombre fut considéré comme erroné; comparez la note 5 de la p. 787.

[6]) Il est bien remarquable que Huygens paraît être revenu plus tard sur cette opinion, qu'il a pourtant si bien motivée ici et qui est parfaitement exacte. En effet, dans le § 2 qui suit il explique l'accommodation de l'oeil par la mobilité supposée du cristallin; voir les pp. 794 et 797. Comparez encore la p. 133 du Tome présent, qui fut écrite environ 1653, et où il mentionne les deux mécanismes possibles de l'accommodation sans exprimer aucune préférence, ni pour l'un, ni pour l'autre.

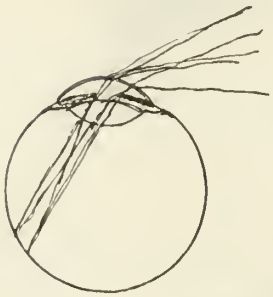
lina, nam ſeparari certe ab ea non poterat.

Nervus opticus non e diametro oppoſitus erat pupillæ ſed duabus tribuſve lineis a medio axe naſum verſus deflectebat.

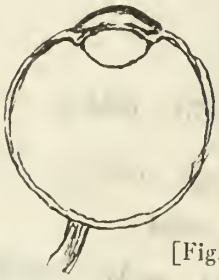
Retina ex materia mucoſa albicante conflata erat, quo melius nempe picturam reciperet.

[Troisième Partie.] [1])

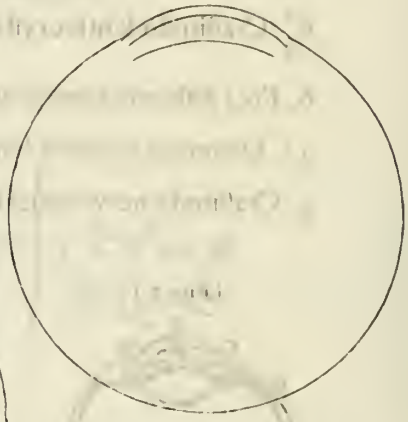
[Fig. 6.]



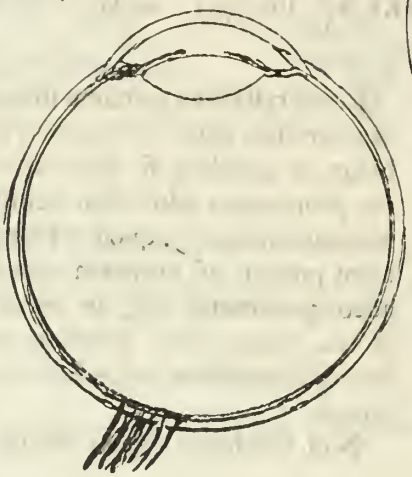
[Fig. 7.]



[Fig. 8.]



[Fig. 9.]



§ 2.

[1670—1690.] [2])

De l'oeil et de la viſion.

La conſtruction de l'oeil et la maniere dont ſe fait la viſion ont eſtè ſi bien et ſi amplement decrites par d'autres [3]) qu'on n'en peut preſque rien dire qu'en

[1]) Nous reproduisons dans cette Partie quelques dessins de Huygens, qui se trouvent à la page dont nous avons emprunté la deuxième Partie et à celle qui la précède.

repetant ce qui se trouve dans leur livres. Cependant comme tout ce que nous avons traitè et ce qui nous reste encore, se rapporte au sens de la vue, il ne faut pas[4]) que nous omettions l'explication de l'organe que la nature y a destinè, n'estant pas un des moindres avantages qu'on tire de l'estude de l'Optique que d'en comprendre l'artifice. Car anciennement et jusqu'a nostre siecle l'on a estè dans une profonde ignorance touchant [5]) la perception des objects. Les uns voulant que l'oeil envoiait des rayons qui les allassent trouver, et qui d'une maniere qu'on ne peut concevoir[6]), en fissent raport a l'ame[7]); du nombre desquels est Euclide dans ce qu'il a escrit de l'optique [8]). d'autres, comme Epicure et Lucrece, s'imaginant encore plus absurdement, qu'il se detachoit continuellement de la substance [9]) des objects comme de petites pellicules qui en portassent les figures et les couleurs vers nos yeux [10]), d'autres encore voulant

[2]) La pièce qui suit, écrite sur deux feuilles séparées de 4 pages, était destinée évidemment à remplacer dans le „Traitè de ma Dioptrique en François" (voir le § 7 du Complément I, p. 754) la „Prop. XXVI" (p. 129—135) „Oculi constructionem et quæ sit videndi ratio explicare" du „Tractatus de refractione et telescopiis", composé vers 1653. Toutefois la circonstance que la dispute de l'année 1668 entre Mariotte et Pecquet sur le rôle joué dans la sensation de la vue par la rétine ou par la choroïde est mentionnée (p. 795) comme ayant eu lieu „n'aguere" nous fait présumer que la première rédaction, dont il sera souvent question dans les notes, doit dater de 1670, tandis qu'une révision a eu lieu à l'époque où le § 7, cité plus haut, fut composé, c'est-à-dire, comme nous le supposons, vers 1690.

La pièce fut déja reproduite (p. 299—304) au lieu cité dans la note 2 de la p. 788.

[3]) Voir surtout les ouvrages de Mariotte, Pecquet, Perrault et de la Hire cités dans les notes 8 et 9, p. 8 du T. VII, et dans la note 5, p. 15 du T. IX.

[4]) Primitivement cette phrase se terminait par les mots, biffés depuis,: „passer en silence ce qui sert a le faire comprendre".

[5]) Primitivement on trouvait intercalé ici les mots „la fonction des yeux dans", mais ils furent biffés depuis.

[6]) Leçon primitive „qui paroit inconcevable".

[7]) Lecon primitive: „a nostre sens".

[8]) Euclide commence son Optique par l'hypothèse: „Supposons que les rayons émanent de l'oeil en lignes droites distinctes séparées par de certains intervalles" et cette conception est défendue énergiquement par son commentateur Théon. Dans un ouvrage qu'on attribuait à Plutarque (De plac. Phil. IV, 13) on trouve citée l'opinion de Hipparque que les rayons qui s'étendent à partir de chaque oeil tâtent les objets comme si c'étaient des mains et transmettent à l'organe de la vision la sensation de l'attouchement. Stobæus, après avoir mentionné cette opinion, ajoute d'après Johannes Damascenus (Profan. Script. sentent. ex. Joannis Damasceni Parallelis sacris *στοιχεῖον Α, λόγος ιζ'*) qu'elle fut attribuée déjà à Pythagore et Parménide, attribution douteuse d'ailleurs quoique Apulée dans son „Apologia" (Chap. 15) nomme, comme partisan de cette théorie, le Pythagoricien Archytas.

[9]) Les trois mots qui précèdent manquaient dans la leçon primitive.

[10]) Épicure, qui devait sa théorie à Démocrite, parle de ces „pellicules" ou „simulacres", auxquelles il attribue de très grandes vitesses, dans une lettre à Hérodote qui nous est conservée chez Diogène Laërce „De Vitis Phil." (X 35—83). Il y enseigne (46—50) les propriétés de ces figures et leurs vitesses. Lucrèce, de même, en parle longuement dans son poème „De

qu'il y naquist [1]) des objects certaines eſpeces ou images incorporelles, ſans dire autrement ce qu'elles eſtoient, qui de là paſſaſſent ſucceſſivement juſques dans l'humeur criſtalline des yeux et ils prenoient cette partie pour le dernier et immediat organe ſenſible de la viſion [2]). Ce fut Bapt. Porta, qui conſiderant la repreſentation des objets [3]) qui ſe fait dans un lieu obſcur, lors qu'on applique une lentille de vitre au trou ou entre le jour, comprit qu'il ſe faiſoit dans l'oeil une ſemblable peinture. s'abuſant pourtant en ce qu'il croioit comme on faiſoit communement, qu'elle eſtoit reçue dans le criſtallin [4]). Cette erreur fut remarquée par Kepler, qui montra qu'elle ſe fait dans le fond de l'oeil et qui d'ailleurs eclaircit toute cette matiere beaucoup plus qu'aucun autre n'avoit fait devant luy [5]).

Rerum Natura", IV, 1—521. Il dit qu'elles reproduisent l'aspect et la forme des objets (IV, 42 sq.) et qu'elles sont réfléchies par les miroirs (IV, 269 sq.).

[1]) Leçon alternative: „partist"; mais voici la leçon primitive de toute cette phrase: „d'autres faisant naistre certaines especes incorporelles qui depuis les objects passaient successivement jusques dans l'humeur cristalline qu'ils prenoient pour le dernier organe sensible de la vision".

[2]) Une „effusion des couleurs" fut enseignée par Straton, disciple de Théophraste, (d'après Aëtios dans ses „Placita", Cap. 13, 7-8). Cette théorie est mentionnée aussi par Sextus Empiricus „Pyrrhoniæ hypotyposes", III, 51; Stobæus, à l'endroit cité dans la note 8 de la p. 791, nous apprend que l'Épicuréen Timagoras modifia la théorie des „pellicules" en les remplaçant par des effluves.

[3]) Primitivement le début de cette phrase se lisait comme suit: „Bapt. Porta a estè le premier, qui par la consideration de la peinture".

[4]) Voir les p. 589—590 de l'édition de 1644 de l'ouvrage de Porta cité dans la note 5 de la p. 436. Porta, après une description enthousiaste des effets de la chambre obscure, y fait suivre: „Hinc Philosophis & opticis patet, quo nam fiat visio loco, ac intromittendi dirimitur quæstio, sic antiquitus exagitata, nec alio utrumque artificio demonstrare poterit. Intromittitur idolum per pupillam, fenestræ foraminis instar, vicemque obtinet tabulæ crystallinæ sphæræ portio in medio oculi locata, quod scio ingeniosis maxime placiturum. In nostris opticis fusius declaratum est".

En effet, à la p. 82 de l'ouvrage „Joan. Baptistæ Portæ Neap. de Refractione, Optices Parte Libri Novem. Ex officina Horatij Salviani. Neapoli. Apud Jo. Jacobum Carlinum, & Antonium Pacem, 1593", on trouve le passage suivant: „Crystallinum humorem præcipuum esse in visu. Prop. XIII. Aristoteles non inefficaciter probavit cor primariam esse corporis partem, quod Natura illud in animalis medio locaverit, sic nos crystallinum humorem, quia suam regiam in oculo ferè medio habet, non ineptè præcipuum visionis instrumentum dicemus... Verissima ratio est, quod constans & firma est Medicorum opinio, visionem in crystallino fieri".

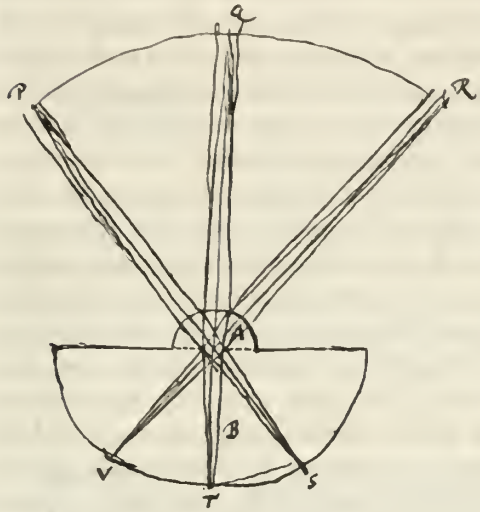
Ajoutons que d'après sa Prop. XIIII. „Crystallinum humorem extra oculi centrum esse" (p. 83) Porta plaçait le siège de la vision entre la pupille et le centre de l'oeil. En effet, supposant que les rayons venant des objets divers se croisent à ce centre, il en conclut que, si ce siège se trouverait plus en arrière, nous verrions à gauche ce qui est à droite et en bas ce qui est en haut.

[5]) Kepler a exposé sa théorie de l'oeil et de la vision dans les Prop. LX—LXV, p. 22—28 de sa

Or [6]) pour faire entendre d'autant mieux [7]) l'artifice de la nature dans la conſtruction des yeux, il ne ſera pas inutile de propoſer premierement une façon d'oeil plus ſimple mais auſſi moins parfaite que ne l'eſt l'oeil veritable [8]), et faire voir en ſuite ce que cetre ſage Architecture y a changè et ajoutè.

Que l'on s'imagine deux hemiſpheres concaves oppoſez [Fig. 10] [9]) ayant un meſme centre, et leur baſes dans un meſme plan, tels que A et B, et que le demidiametre de l'hemiſphere A, que je ſuppoſe tranſparent, ſoit le tiers de celuy de B qui eſt opaque. Ces deux hemiſpheres faiſant un ſeul creux ſi on le remplit d'eau, il eſt evident qu'il ſe fera dans la ſurface creuſe de l'hemiſphere B une peinture [10]) de tous les objects eloignez de la moitiè de l'eſtendue du ciel, par ce que la refraction de l'eau eſtant de 4 a 3, le concours des rayons paralleles (comme ſont reputez ceux qui vienent d'un point eloignè,) de quelque coſtè qu'ils tombent ſur la convexitè A, ſe fera dans la ſurface creuſe de l'hemiſphere B. ainſi ceux qui vienent des points eloignez P, Q, R

[Fig. 10.]



Dioptrique, ouvrage cité dans la note 5, p. 6 du T. I. Voici ces propositions pour les explications desquelles nous renvoyons à l'ouvrage original: „LX. Crystallinus humor oculi est lens convexa, formâ hyperbolæ, & retiformis tunica, spiritus plena, post Crystallinum est papyri vice, & pinguntur in ea visibilia pictura reali.

LXI. Visio est sensio affectæ retiformis spiritu visivo plenæ: sive, Videre, est sentire affectam retiformem quatenus affecta.

LXII. Instrumento utroque similiter affecto, videmur speciem unam videre: at dissimiliter affectis vel pictis intus duorum oculorum tunicis retiformibus, duo nobis pro uno repræsentantur visibilia.

LXIII. Non est possibile, ut retiformis, retinens eundem situm in oculo tàm à propinquis, quàm à remotis distinctè pingatur.

LXIV. Sunt qui remota distinctè vident, propinqua confusè, quos Aristoteles appellat πρεσβύτας: sunt qui propinqua distinctè, remota confusè, qui Aristoteli sunt μύωπες: sunt, qui propinqua & remota confusè, denique qui utraque distinctè.

LXV. Convergentibus quacunque ratione unius radiosi puncti radijs versus oculum impossibile est fieri distinctam visionem".

[6]) Comparez ce qui va suivre avec les p. 129—135 du Tome présent.

[7]) Leçon primitive: „plus distinctement".

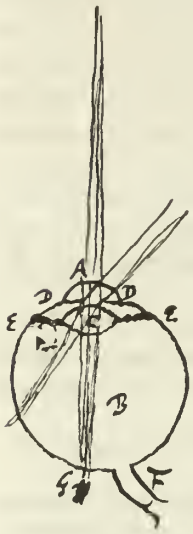
[8]) Leçon primitive après le mot „premierement": „cette construction de nostre façon".

[9]) Leçon primitive: „hemispheres creux opposez et conjoints".

[10]) La leçon primitive avait „une peinture distincte"; mais le dernier mot fut biffé.

s'aſſembleront en S, T, V [1]). mais pour faire cette peinture plus diſtincte il faut que la baſe de l'hemiſph. A ne ſoit perçée que vers le milieu pour exclure les rayons qui ne paſſent pas aſſez pres du centre commun pour s'aſſembler avec les autres au point de concours. L'oeil eſtant baſti de cette façon auroit pu ſervir, s'il n'euſt du regarder [2]) que des objects eloignez et qu'il n'euſt pas eſtè beſoin qu'il fuſt mobile. Mais l'un eſtant manifeſtement neceſſaire, et l'autre auſſi quand ce n'auroit eſtè qu'afin de juger les diſtances par la direction des axes viſuels vers un meſme endroit, la nature a pourvu a ces deux choſes, car elle a converti [3]) l'hemiſphere B en une ſphere preſque entiere, a fin que l'oeil ayant cette figure ſe puſt tourner commodement dans le creux ou il eſt enfermè, ſans que pourtant le concours des rayons laiſſaſt de tracer exactement la peinture des objects dans la ſurface ſpherique [4]). Et elle a ſuſpendu [5]) entre les surfaces d'A et B une lentille mobile et [6]) d'une refraction plus grande que celle de la liqueur qui remplit le reſte de [7]) l'oeil, a fin [8]) de faire concourir par ſon moien au fond de l'oeil les rayons qui vienent d'un objet prochain, car alors cette lentille eſt un peu pouſſée vers la cornee DAD pour haſter ce concours [9]). de ſorte que la forme de l'oeil de l'homme (a qui ceux de preſque tous les animaux reſſemblent) a eſtè faite telle que cette autre figure [Fig. 11] la repreſente. DGD eſtant le globe de l'oeil. DAD la convexitè tranſparente et eminente de l'enveloppe qu'on appelle cornee. C la lentille qu'on appelle le criſtallin, ayant tout autour des filets en forme de rayons qu'on nomme les ligaments ciliaires [10]), B une ſubſtance tres tranſparente [11]) et ayant un peu de conſiſtence au lieu que celle qui remplit l'eſpace EAE eſt toute liquide. a la premiere on a donné le nom d'humeur vitreuſe a l'autre d'aqueuſe [12]). Tout autour en DD ou ſe termine la convexitè tranſparente de l'oeil, eſt attachè un autre diaphragme, d'une conſtruction ſinguliere qu'on nomme l'uvee, et dont l'ouverture ronde qu'elle a au milieu fait la

[Fig. 11.]



[1]) Cette phrase fut ajoutée plus tard.

[2]) Leçon primitive: „falu voir".

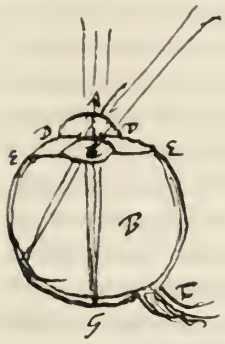
[3]) Leçon primitive: „mais l'un et l'autre eſtant neceſſaire, la nature a trouvè moien de convertir".

[4]) Leçon primitive: „ou il eſt enfermè, et qu'ainſi la direction des deux axes viſuels vers un meſme point ſervit a faire juger les diſtances mediocres".

[5]) Leçon alternative: „placè".

[6]) Les deux mots qui précèdent manquaient dans la rédaction primitive.

[Fig. 12.]



prunelle [13]). Ce diaphragme ſert a exclure les rayons ſuperflus, comme dans la conſtruction precedente faiſoit la baſe de l'hemiſphere A, ſe retreciſſant particulierement a la vue des objets fort lumineux ou fort proches [14]).

F eſt le nerf optique qui ſe termine au [15]) cerveau et dont les fibres tres ſubtiles s'eſtendent par toute la ſurface interieure du creux B, recevant dans leur extremitez l'action de la lumiere et raportant ainſi l'ordre et les couleurs de la peinture des objects a noſtre ame ou ſens interieur. Les parois de ce creux ſont reveſtues premierement d'une tunique opaque noiraſtre qu'on appelle choroide, et par deſſus d'une autre tranſparente qui eſt la retine [16]). Et l'on a diſputè n'aguere [17]) ſi c'eſtoit dans cette derniere ou dans la choroide que ſe faiſoit l'impreſſion des rayons de lumiere qui cauſe la ſenſation de la vüe, les plus fortes raiſons à mon avis eſtant pour la choroide [18]). mais ſans nous arreſter a cette queſtion, nous ferons remarquer que quoyque la peinture des objects [19]) s'eſtende dans toute la ſurface EGE, il y a pourtant un petit endroit et comme [20]) un ſeul point G directement dans l'axe de l'oeil et du convexe DAD, ou la peinture fait une impreſſion

---

[7]) Les trois mots qui précèdent manquaient dans la rédaction primitive.

[8]) La phrase qui suit était primitivement rédigée ainsi: „de haster ou de prolonger le concours des rayons des objets proches ou lointains".

[9]) Comparez la note 6 de la p. 789.

[10]) Leçon primitive: „le cristallin, attachée tout autour a un diaphragme qu'on nomme les proces ciliaires".

[11]) Dans la leçon primitive on trouvait intercalé les mots, biffés depuis: „et semblable a de la gelée".

[12]) Cette phrase fut intercalée plus tard.

[13]) Leçon primitive: „un autre diaphragme qui a une ouverture ronde au milieu qu'on nomme la pupille".

[14]) La partie de cette phrase après la lettre A manquait dans la rédaction primitive.

[15]) Leçon alternative: „qui procede du".

[16]) On lisait primitivement au lieu des deux phrases qui précèdent: „F est le nerf optique qui se termine au cerveau et dont les fibres tres ſubtiles s'estendent par toute la peau qui fait la surface interieure du creux B, laquelle peau a le nom de choroide et eſt couverte d'une autre peau tranſparente qu'on appelle la retine".

[17]) C'est-à-dire Mariotte, Pecquet et Perrault. Voir les pièces citées dans les notes 8 et 9, p. 8 du T. VII.

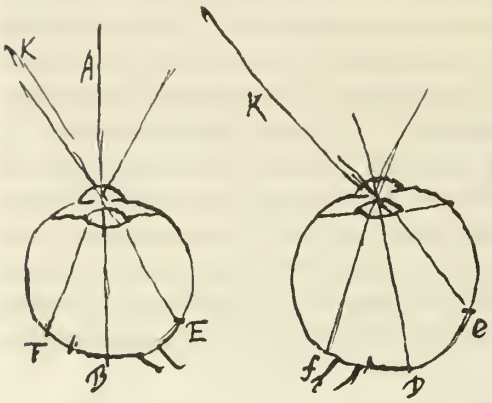
[18]) C'était l'opinion de Mariotte; mais Pecquet avait raison comme nous le savons maintenant.

[19]) Leçon alternative: „l'image que forment les objects".

[20]) Les quatre mots qui précèdent manquaient dans la première rédaction.

tout autrement efficace au ſens de la vue qu'elle ne fait dans tout le reſte. ce qui ſe connoit par l'experience lorſqu'on lit [1]; par ce qu'on ne diſtingue point les mots qu'a meſure qu'on les parcourt avec l'axe de l'oeil, et qu'ainſi l'on recoit la peinture des lettres dans l'endroit G. D'ou il paroit que tout le reſte de ce tableau ne ſert que pour nous repreſenter en gros les objets qui ſont autour de celuy ou nous viſons, et leſquels on diſcerne enſuite en y tournant les axes des yeux [2]).

[Fig. 13.]



Pour ce qui eſt de l'action des deux yeux a la fois, la nature a pourvu d'une maniere bien particuliere a ce qu'ils ne fiſſent pas paroitre l'object double. C'eſt qu'elle a fait que chaque point du fond de l'oeil a ſon point correſpondant dans le fond de l'autre en ſorte que lors qu'un point de l'object eſt peint dans quelques deux de ces points correſpondants, alors il ne paroit que ſimple comme il eſt. Soient dans les yeux icy marquez les axes AB, CD. Les points dans le fond des yeux, B et D, ſont les principaux points correſpondants, et quand un meſme endroit de quelque objet comme A eſt peint dans ces deux points on le voit ſimple [3]) et le plus diſtinctement qu'il eſt poſſible. mais on voit encore en meſme temps ſimples les autres parties de cet object, ou bien ceux qui ſont a meſme diſtance et aux coſtez du premier ce qui marque qu'auſſi les autres points à l'entour comme E, e, ou ſe peignent les images de l'object K et qui ſont egalement diſtans des points B et D ſont correſpondants entre eux. et il eſt a noter qu'ils ſont tous deux (comme ils devoient eſtre neceſſairement) du meſme coſtè des axes, et non pas diſpoſez ſemblablement a l'egard des deux nerfs optiques [4]). de meſme F, f, ſont auſſi des points correſpondants, et tous ceux du fond de l'un des yeux ſe raportent de meſme a [5]) de certains points de l'autre. mais lorſqu'un point ou petit endroit d'un objet ſe peint dans quelques deux de ces points qui ne ſont pas correſpondants l'object paroit double. Et d'icy il eſt aiſè de voir pourquoy un object eloignè doit paroitre double lors qu'on diſpoſe les yeux pour

---

[1]) Leçon primitive: „ce qui se voit en lisant".

[2]) Leçon primitive de cette phrase: „La nature ayant ordonnè cela de la sorte, elle ne s'eſt pas souciée peut eſtre que la peinture des rayons dans le reste du fond de l'oeil fut fort distincte, ne servant que pour nous avertir en gros des objects qui sont de costè et d'autre pour les faire discerner ensuite en y tournant les yeux".

regarder un autre object plus proche, et pourquoy au contraire l'object proche se doit doubler en voiant simple celuy qui est plus distant. Car si par exemple etc. [6]).

En faisant reflexion sur tout ce qui vient d'estre expliquè touchant la structure de l'oeil, il ne se peut qu'on n'y remarque non seulement l'effect d'une admirable prevoiance mais aussi d'une haute intelligence de geometrie et plus manifestement, a ce qui me semble, qu'en aucune autre chose qui soit dans la nature. l'on ne seauroit concevoir sans cela ni l'invention de la surface convexe pour assembler a un point des rayons paralleles, ni la sphericitè de la cornée et du cristallin si bien compassées avec la profondeur de l'oeil qu'elles fassent que le concours s'y rencontre precisement au fond. ni cette lentille de refraction differente d'avec les liqueurs qui la contiennent et sa mobilité, pour faire que l'image des objects proches fust aussi distincte dans l'oeil que celle des plus eloignez. L'on reconnoit encor particulierement la prevoiance en l'exacte polissure du convexe transparent par ou les rayons entrent, et cela entretenue par le moyen d'une liqueur qui s'y attache si uniment, qu'on ne voit point que l'eau ou d'autre humeur fasse un pareil effect lors qu'on en mouille quelque superficie, elle paroit de mesme en la parfaite transparence de tout le dedans de l'oeil; et en ce qu'il est tout rempli de ces corps diaphanes, pour eviter les reflexions de plusieurs surfaces en cas qu'il y eust eu du creux derriere et devant le cristallin. On la voit enfin cette prevoiance en l'obscuritè de toute la surface interieure de l'oeil pour eviter la reflexion de la lumiere qui aurait troublè les images [7]).

---

[3]) Leçon primitive „unique".

[4]) Cette phrase se lisait primitivement: „Et en mesme temps l'on voit aussi les objects voisins de l'autre et qui sont a mesme distance et aux costez du premier dans la mesme simplicitè, cela marque que les points E, e, egalement distans des points B et D sont correspondants, estant tous deux du costè droit des axes et nullement disposez semblablement a l'egard des nerfs optiques".

[5]) Au lieu de ce qui suit on lisait primitivement: „quelques points de l'autre. Et toutes les fois que l'image d'un object se peint", etc.

[6]) Ce petit bout de phrase fut ajouté plus tard.

[7]) Au lieu de l'alinéa qui précède on lisait primitivement: „En considerant toute la structure de l'oeil, il me semble qu'elle marque plus manifestement une haute intelligence de geometrie et une providence qu'en aucune autre chose creee. Car a quoy attribuer autrement toutes ces merveilles. Cette convexité de la cornée et du cristallin si precisement compassées avec la profondeur de l'oeil pour faire assembler les rayons paralleles au fond a cette distance, l'invention du cristallin et sa mobilitè pour faire que l'image des objects proches fust aussi distincte dans l'oeil que celle des plus eloignez. L'exacte polissure du convexe transparent par ou les rayons entrent, entretenue par une liqueur qui s'y attache

Que l'on conſidère outre tout cela ſon adreſſe et ſcience dans l'uſage de l'uvée [1]) dont je laiſſe a cet heure a part la fabrique artificieuſe en ce qu'en dilatant ou reſſerrant le trou de la prunelle, elle luy conſerve touſjours ſa rondeur. Je dis que pour ordonner ce diafragme et pour le placer a la diſtance de la cornee ou il est, il faut avoir ſceu qu'une trop grande partie d'une ſurface ſpherique ne raſſemble pas aſſez preciſement les rayons qui vienent d'un point; et que pour reſſerrer cette ſurface, il valoit bien mieux que ce fuſt par le moien d'un trou un peu diſtant en dedans que de faire que la cornee meſme n'euſt qu'une ouverture eſtroite parce qu'alors elle n'auroit pu recevoir les rayons qui vienent des objects a coſtè de nous et d'en haut et d'en bas [2]); a quoy en meſme temps ſa figure ſpherique ſoit neceſſairement requiſe. Qu'il faut encore avoir ſceu que les rayons paralleles qui tombent ſur une ſurface ſpherique, mais loin de l'axe comme font icy ceux qui viennent des objects a coſtè, concourrent a des moindres diſtances que ceux qui paſſent pres de l'axe, pour effectuer par là que la peinture fuſt diſtincte dans toute la cavitè du fond de l'oeil quoyque cette concavitè achevait preſque la ſphere entiere [3]). Qui eſt ce qui pourrait dire que toutes ces choſes ayent eſtè produites autrement qu'en vüe de ce a quoy elles devoient servir? Et quelle excellente connoiſſance ce doit avoir eſtè [4]), qui ſans avoir rien de ſemblable devant elle a conceu et baſti une ſi belle machine pour ne rien dire maintenant de la puiſſance qui l'a fait continuer et ſe produire ſi merveilleuſement dans la generation des animaux [5]).

Mais ſi nous regardons plus avant a la premiere idee ou invention de la vüe, qu' y a t'il de plus admirable que d'avoir conceu qu'il y auroit une partie de noſtre corps ſur lequel les objects eloignez, par l'entremiſe d'une matiere impalpable

---

si uniment, qu'on ne voit point un pareil effect dans l'eau lors qu'on en mouille quelque superficie, la parfaite tranſparence de tout le dedans de l'oeil et cela mesme qu'il est entierement plein de ces corps diaphanes pour eviter les reflexions de plusieurs surfaces en cas qu'il y eust eu du creux derriere et devant le cristallin".

[1]) Dans la leçon primitive l'alinéa précédent se poursuivait comme il suit: „Enfin l'uſage de l'uvée", etc.

[2]) Comparez les premières lignes de la p. 131.

[3]) Comparez le § 3 de cet Appendice, p. 800. Ajoutons que nous n'avons rencontré ailleurs dans les manuscrits de Huygens aucun calcul ni dessin qui se rapporte à la détermination du point de concours d'un faisceau très mince tombant obliquement sur la surface d'une sphère de matière réfringente; en effet, dans le paragraphe cité Huygens se sert d'une construction de ce point, inventée par Barrow.

[4]) Leçon alternative: „n'a ce point estè".

[5]) Au lieu de la dernière partie de cette phrase on lisait primitivement: „qui sans avoir rien

reſpandue par tout feroient une ſubtile et tres legere impression (je parle ſuivant l'hypotheſe que nous avons expoſee cy deſſus [6]) qui avertiroit l'ame de leur figure leur ſituation leur diſtance leur repos et mouvement en les diſtinguant outre cela par la difference des couleurs. d'avoir reconnu qu'il ne faloit pas a cela un mouvement de cette matière interpoſee qui la fiſt changet de place mais un petit et vif tremouſſement, qui luy feroit imprimè ſucceſſivement dans toute ſon eſtendue depuis le ſoleil et les etoiles ou depuis quelque feu icy bas et qui ſe refleſchiſſant contre la ſurface des corps feroit continuée de la juſques a cette partie ſi ſenſible qui eſt en nous. Cet ouvrage ſurpaſſe de beaucoup celuy du ſens de l'ouie qui eſt produit par un ſemblable ebranſlement ſucceſſif de l'air quoique ce ſens ſoit encore plein de merveille ſoit que l'on regarde ou ſa ſtructure ou ſa ſubtilitè dans le diſcernement ſi fin des ſons differents, ou ſon utilitè en ce qui regarde la parole ou le plaiſir qu'il donne par l'harmonie. Certainement et les inſtruments et la maniere de les faire agir et le parfait raport à leur fin dans l'un et l'autre de ces ſens marquent tres evidemment que ce ne ſont pas des productions du hazard ou de la matiere fortuitement remuée, mais d'une intelligence et puiſſance ſupreme et incomprehenſible [7]).

---

rencontré de semblable a conceu et basti une si belle machine et qui se produit continuellement dans la generation des animaux" et l'on trouve de plus en marge: „qui produit si merveilleusement cet ouvrage dans la generation des animaux".

[6]) Il s'agit du „Traité de la lumiere" auquel le „Traité de dioptrique" devait faire suite.

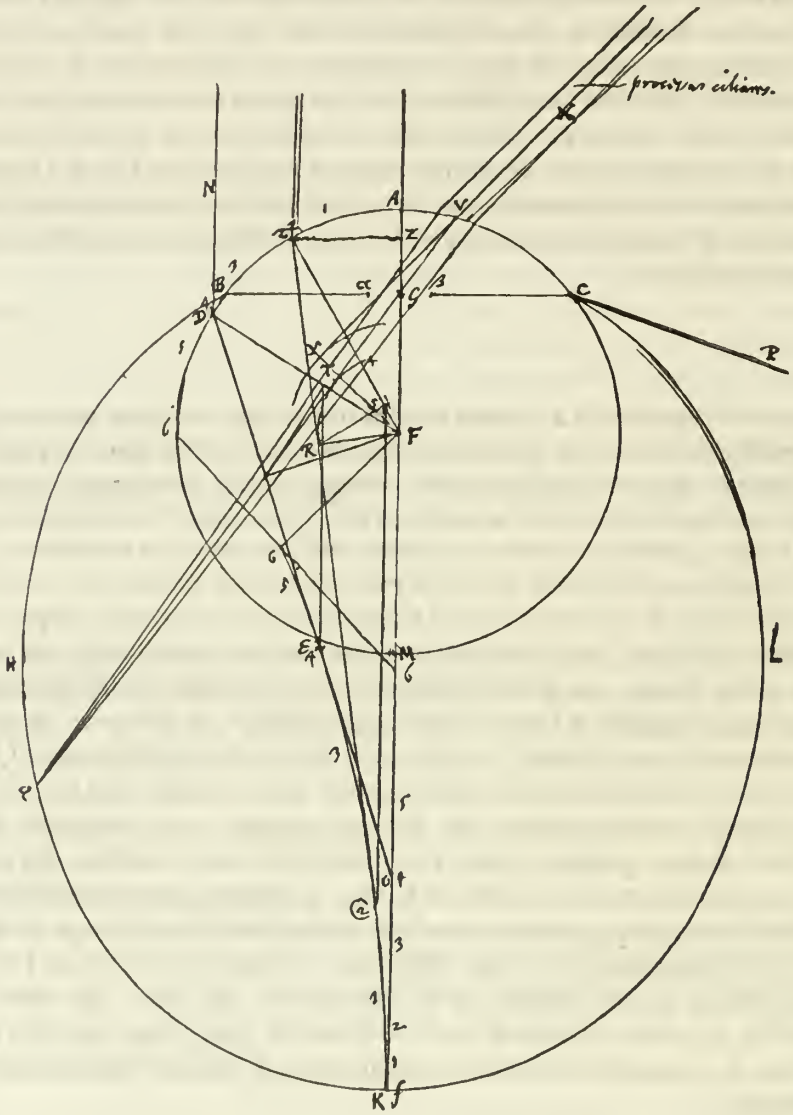
[7]) Voici la leçon primitive du passage si éloquent que nous venons de reproduire: „Mais si nous regardons plus avant ce qui se passe au sens de la vüe, qu'y a t il de plus admirable que la conception qu'il y eust une partie de nostre corps sur lequel les objets eloignez, par l'entremise d'une matiere impalpable qui ne bouge de sa place fissent une subtile impression qui agissant sur les fibres des nerfs donnast a connoistre a l'ame la figure, la situation, la distance, le repos et le mouvement de ces objects, et cela sous des couleurs differentes. Que ce ne fut pas par un mouvement de cette matiere qui la transportast mais seulement par un petit tremoussement qui luy est imprimè successivement depuis le soleil ou depuis quelque flame et se refleschit sur la surface des corps que nous voions jusques a cet organe de la vue. Cet ouvrage surpasse de beaucoup celui de l'ouie qui est pourtant aussi tres merveilleux dans l'usage de la parole, dans le discernement des sons differents et dans le plaisir de l'harmonie. Certainement et les organes et la maniere de les faire agir dans l'un et l'autre de ces sens marquent tres evidemment que ce ne sont pas des productions de la matiere fortuitement agitée mais d'une intelligence et puissance souveraine".

§ 3 [1]).

[1691.] [2])

Oculus artificialis aqua plenus, in quem radij paralleli, ſeu a rebus procul diſtantibus manantes, ad cavi ſuperficiem colliguntur, eamque totam pictura illuſtrant BHKLC.

[Fig. 14.]



BAC ſuperficies ſphærica, corneam tunicam referens. Bα, Cβ proceſſus ciliares. AFK axis, FA ſemidiameter ſuperficiei BAC.

Radius ND parallelus AF, ſit ille qui refractus in DEO, facit arcum EM omnium maximum; qualis qui in formanda iride conſideratur [3]). Tum arcui DE ſit æqualis BC. Ita parallelorum ſecundum PC venientium concurſus erit in B puncto [4]), et ſuperficies AB, BH coherebunt in B. Hinc amplius quam hemiſphærium aſpectabile intra oculum pingetur [5]).

Puncta curvæ BQK hoc modo inventa ſunt. Radij cujuſvis, ut qui in 2 incidit axi parallelus, inveniatur refractus 2(2), et in eo punctum (2) concurſus nempe duorum minimo diſtantium qui in 2 incidunt axi paralleli, quod fit per conſtructionem Barovij [6]), ductâ FR perpend. in 2(2), et RS perpend. in radium F2, et S(2) parall. axi AF. hæc enim oſtendit in 2(2) punctum (2). Jam radio FR deſcripto arcu RT, tangat eum recta per G, medium pupillæ ducta, VTQ; arcui BAC occurrens in V; et ponatur VQ æqualis 2(2). Sic habetur punctum Q in curva BQK. Radius autem VX ad quem pertinet refractio VQ, habetur ducto arcu e centro F, radio FY, æquali 2Z in AF perpend. ductaque par V recta YVX quæ tangat arcum iſtum.

Mutata diſtantia mediæ pupillæ G ab A, alia atque alia fit ſuperficies BQKLC [7]).

---

[1]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 45 du Manuscrit II.

[2]) D'après le lieu qu'il occupe dans le manuscrit cité.

[3]) Voir les p. 146—147 du Tome présent, où l'arc BD de la figure de la p. 146 correspond à l'arc ME de la figure présente.

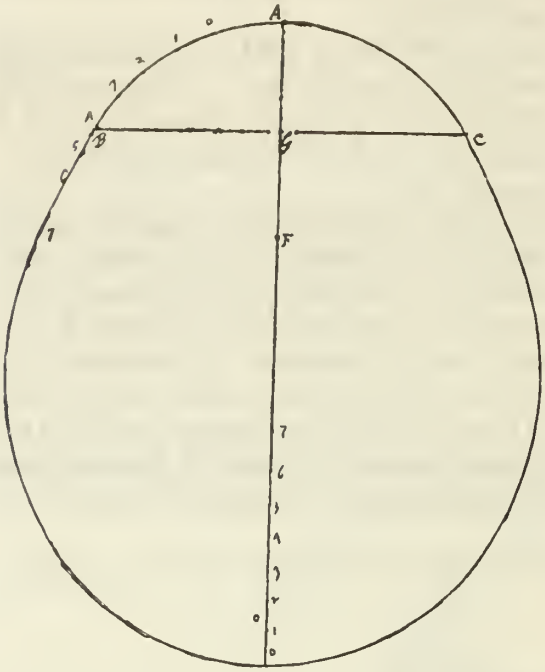
[4]) En effet, puisque ME est maximum, il est évident que pour un déplacement minimal du rayon ND, de manière qu'il reste parallèle à l'axe, le point E peut être considéré comme immobile. Ce point est donc le point de concours des rayons parallèles et voisins à ND; il en est donc de même pour le point B par rapport aux rayons parallèles et voisins du rayon PC.

[5]) Remarquons que, si l'on suppose la pupille réduite à un seul point G, le champ de vision est déterminé par le rayon PC qui après la réfraction suit la ligne CG, perpendiculaire à l'axe et passant par le point G. En effet, on peut démontrer que tous les autres rayons, comme XV, qui passent par le point G après leur réfraction, font avec l'axe FA un angle plus petit que ne le fait le rayon PC. L'étendue que l'on trouve ainsi pour le champ dépend évidemment de la position de la pupille par rapport aux points F et A. Or, la position considérée par Huygens, qu'il a choisie ainsi pour que les surfaces AEM et BQK se raccordent suivant le cercle BC, n'est pas celle qui amène le champ de vision le plus étendu. Ce champ s'augmente continuellement quand on diminue l'arc AC jusqu'au moment où l'on a cos AFC $= n^{-1}$, où n représente l'indice de réfraction de la matière de l'oeil. À ce moment le rayon PC est devenu tangent au cercle ACM et l'angle obtus de ce rayon avec l'axe égalera à peu près 131° 25′ dans le cas de l'eau, où $n^{-1} = 0{,}75$ environ.

[6]) Voir la „Lectio XII", § IX, p. 83 des „Lectiones Opticæ de Barrow; ouvrage cité dans la note 14 de la p. 505 du T. VI.

[7]) Toutefois, en changeant la distance GA, il n'y aura plus de raccordement entre les deux surfaces le long du cercle BC.

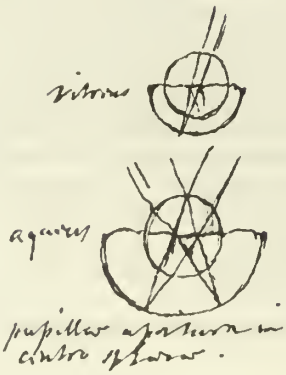
[Fig. 15.]



§ 4 [1]).

[1691.] [2])

Oculus è ſolido vitro idem præſtans quod aqueus fol. ſequ [3]).



[1]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 43 du manuscrit H.

[2]) D'après le lieu qu'il occupe dans le manuscrit cité.

[3]) Comparez le § 3 qui précède. Ajoutons qu'à la même p. 43 du manuscrit on trouve encore les petites figures ci-jointes qu'on peut comparer avec la Fig. 99 de la p. 128.

TROISIÈME COMPLÉMENT À LA „DIOPTRIQUE" [1]).

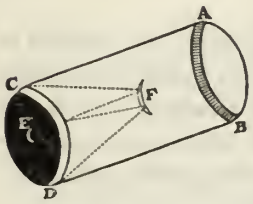
[Recherches ſur les lunettes catoptriques.]

[1672—1692.]

§ 1 [2]).

[1672.]

[Fig. 1.]



Cette lunette de Mr. Caſſegrain [3]) eſt la meſme que l'on voit dans l'Optica promota [4]) de Greg. Scotus [5]) qui ſuppoſe les miroirs CD et F paraboliques et la lentille de verre E a quelque diſtance derriere le miroir C, D [6]). Leſquelles conditions ſont toutes necessaires. Et cependant dans la deſcription de la lunette de M.r Caſſegrain il n'eſt pas fait mention des premieres qui regardent la figure des miroirs;

---

[1]) Nous donnerons dans ce Complément tout ce qu'on trouve dans les Manuscrits de Huygens au sujet des lunettes catoptriques, pour autant qu'il n'a pas encore été publié dans la „Correspondance". En effet, le N°. 1861 (p. 129—132 du T. VII) de cette Correspondance, avec les notes *a* et *b* qui y ont été attachées, contient la réproduction d'une pièce qui occupe les p. 297 et 298 du Manuscrit D. Cette pièce, qui doit dater du commencement de l'année 1672 à l'exception du post-scriptum dont il est question dans la note 10, p 132 du T. VII, aurait dû précéder le § 1 qui suit, s'il ne suffisait pas de renvoyer le lecteur à sa réproduction dans la „Correspondance" et aux notes qui l'accompagnent.

[2]) Ce paragraphe est emprunté à une feuille séparée. Il constitue probablement l'avant-projet de la pièce envoyée à l'éditeur du Journal des Sçavants, dont il est question dans la lettre à Oldenburg du 1 juillet 1672 (voir la p. 186 du T. VII). En effet, on trouvera dans ce paragraphe, exposées d'une manière plus „succincte", les remarques données dans l'article imprimé dans le Journal des Sçavants du 13 juin 1672; voir la pièce N°. 1892, p. 189 du T. VII.

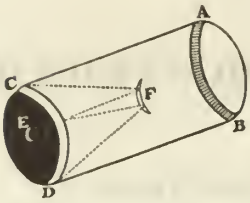
[3]) Elle fut décrite dans le Mémoire cité dans la note 5, p. 174 du T. VII, d'où nous empruntons la figure à côté, qui s'y trouve à la p. 122.

[4]) L'ouvrage cité dans la note 6, p. 330 du T. IV. C'était Oldenburg, qui dans sa lettre du 16 mai 1672 (p. 173 du T. VII) avait fait remarquer à Huygens la ressemblance entre le projet de Cassegrain et celui exposé par Gregory aux p. 92—94 de cet ouvrage.

[5]) Voir sur James Gregory la note 5 de la p. 330 du T. IV.

[6]) Voir la p. 190 du Tome VII où la figure de la p. 94 de l'„Optica Promota" de Gregory est reproduite.

[Fig. 1.]



et pour ce qui eſt de la derniere on y a apportè du changement mal a propos en placant la lentille dans l'ouverture E du grand miroir [1]). L'on auroit vu le mauuais effect que cela doit faire ſi on avoit jamais fait l'eſſay de cette lunette, car le grand jour qui entre par l'ouverture AB eblouiroit ſi fort la vue du ſpectateur qui auroit l'oeil pres de l'ouverture E qu'il ne verroit rien du tout des objets, bien loin de jouir d'une viſion agréable que l'on promet parmi d'autres avantages de cette invention par deſſus celle de m.r Newton [2]). L'on y compte auſſi ſans raiſon, que l'ouverture AB pourra eſtre auſſi grande que l'on voudra. car elle ne le ſera pas d'avantage que celle de la lunette de m.r Newton, a moins que le miroir CD ne ſoit parabolique, dont il n'eſt point parlè dans la deſcription. de meſme ce qui eſt dit de la reflexion des rayons qu'elle ſera tres naturelle a cauſe qu'elle ſe fait dans l'axe, eſt ſans fondement, et le petit miroir plat dont ſe ſert m.r Newton doit reuſſir incomparablement mieux que le petit convexe F, tant a cauſe de la grande difficultè de bien placer cettuicy que parce qu'il doit avoir la figure parabolique.

L'on pourroit faire plat le miroir F, mais alors il devroit avoir le diametre la moitiè auſſi grand que le miroir CD, et par conſequent il empeſcheroit la 4e partie des rayons qui vienent des objects vers ce miroir. Enfin ſi m.r Gregori n'avoit pas jugè ſa lunette impoſſible a executer, il y a apparence qu'il l'auroit pratiquè il y a longtemps. Et comme je vous ay dit c'eſt la meſme qui eſt rapportee dans ces memoires, ſinon, qu'elle a encore d'autre defauts trop viſibles.

La [3]) conſtruction de la trompette [4]) eſt ſans aucun fondement puis qu'il ne paroit point de raiſon pourquoy les proportions que l'on y voit obſervées devroient produire quelque effet en ce qui regarde la multiplication ou renforcement du ſon dont il s'agit, ni meſme en ce qui eſt de l'harmonie, ſuppoſe que l'on en cherchaſt dans cet inſtrument. Et la regle des fondeurs, qui doublent le diametre des cloches qu'ils veulent avoir a l'octave l'une de l'autre, eſt a mon avis tres mal priſe pour principe en cette Theorie. Au reſte la ligne courbe de sa trompette eſt

[1]) Voici ce qu'on lit dans l'article cité dans la note 3 de la p. 803: „F. est un Miroir convexe disposé de telle maniere, eu égard à sa convexité, qu'il refléchit les especes, qu'il reçoit du grand Miroir, vers le trou E, où il y un Oculaire au travers lequel on regarde". Voir ici la Fig. 1, où l'on apercevra la lettre E, en blanc, sur la tâche noire qui représente le miroir concave.

[2]) Voici le passage en question: „L'avantage que je trouve en cét Instrument sur celuy de M. Newton, est premierement que l'embouchure, ou l'ouverture AB du Tuyau, peut estre de telle grandeur qu'on voudra; & par consequent que l'on aura bien plus de Rayons sur le Miroir concave, que sur celuy dont vous avez donné la Description" [celui de Newton, dont on trouve la description aux p. 43—48 de l'ouvrage cité dans la note 3 de la p. 174 du T. VII; voir d'ailleurs les Pièces N°. 1861 et 1863, pp. 129 et 134 du T. VII] „2. La reflexion des rayons sera tres naturelle, puisqu'elle se fera sur l'Axe même & consequem-

preciſement l'Hyperbole, comme il ſeroit facile a demonſtrer, et ſi l'experience faiſoit voir peut eſtre que cette figure fait un meilleur effect qu'aucune autre pour le groſſiſſement du ſon, il en faudroit chercher la raiſon dans les proprietez de cette ligne, apres avoir trouvè premierement des principes en ce qui regarde la nature du ſon et les manieres de le produire.

§ 2 [5]).

1691.

[Première Partie.]

In ſpeculo vitreo cavo æqualium ſphærarum, invenire quantum diſtet focus reflexionis principalis a foco reflexionis ſuperficiei vitreæ in quam primum radij incidunt. ſit fere $\frac{13}{12}$ craſſitudinis ED.

---

ment plus vive. Enfin, la Vision en sera d'autant plus agreable, qu'on ne sera point incommodé du grand jour, à cause du fond C. D. qui couvre tout le visage. Outre qu'on aura moins de peine à découvrir les Objets, que dans celle de M. Newton".

[3]) Nous n'avons pas voulu supprimer cette partie du manuscrit, qui se trouve sur la même feuille que l'autre, quoiqu'elle ne traite pas un sujet de dioptrique. En effet, les „trompettes du Chevalier Morland" sont mentionnées favorablement dans le commencement (p. 121) du même Mémoire (voir la note 3 de la p. 803) où le télescope de Cassegrain est décrit. Ajoutons que le Recueil de mémoires, cité dans la note 3, p. 174 du T. VII, contient aux pp. 5, 16, 124, 128 et 131 des articles qui se rapportent à ces trompettes.

[4]) Il s'agit de la construction exposée dans l'article „Extrait d'une Lettre écrite de Chartres par Monsieur Cassegrain; Sur les Proportions des Trompettes à parler de loin", qui commence comme il suit: „J'ay trouvé, ce me semble, un moyen de construire les Trompettes du Chevalier Morland en sorte qu'elles soient Harmoniques. Je vous envoye ce que j'en ay pensé, & les Proportions que je crois qu'il y faut observer. C'est la resolution du Problême, que cét Illustre Anglois avoit demandée"; voir les p. 131—137 du Recueil mentionné dans la note précedente.

[5]) La pièce est empruntée aux p. 71—75 du Manuscrit G. En voici la portée: En 1672 Huygens avait reçu communication de l'invention de la lunette catoptrique de Newton. Après quelque hésitation (voir la p. 133 du T. VII) il s'était convaincu qu'elle était excellente en principe, à cause de la petitesse de l'aberration sphérique, comparée à celle des lentilles (voir la note *a*, p. 131 du T. VII) ce qui permettrait d'élargir considérablement l'ouverture des lunettes, et à cause de l'absence de l'effet nuisible de „l'obliquité des deux surfaces des lentilles qui gaste la refraction des rayons qui passent vers les bords du verre et fait plus de mal que l'on ne pense" (voir la p. 140 du T. VII). Toutefois Huygens était d'avis que les lunettes catoptriques ne pourraient rivaliser avec les grandes lunettes, telles qu'on savait déjà les fabriquer, à moins de leur donner des dimensions bien plus grandes que celles de la lunette dont Oldenburg lui avait envoyé la description (voir la p. 129 du T. VII).

Par conséquent, il se décida en mars 1672 (voir la p. 157 du T. VII) de faire fabriquer des

[Fig. 2.]

SE, AD ∞ a [1]); AQ ∞ $2a$ [2]); SA, ED ∞ b; EB [3]) ∞ x.

QS $(2a+b)$ ad SB $(a-x)$ ut QE $(3a+b)$ ad EB (x) [4]).

$$2ax+bx \infty 3aa+ab-3ax-bx$$

$$5ax+2bx \infty 3aa+ab$$

$$x \infty \frac{3aa+ab}{5a+2b} \text{ EB}$$

BQ $(3a-x+b)$ ad BA $(a-x+b)$ ut BD $(x-b)$ ad BC [5])

$$\left.\begin{array}{l}\left(\dfrac{ax-xx+2bx-ab-bb}{3a+b-x}\right)\\ \text{ex BE } (x)\end{array}\right\} \text{f[ubt].}$$

$$\text{EC } \frac{2ax-bx+ab+bb}{3a+b-x}$$

„miroirs concaves pour avoir une lunette de 10 ou 12 pieds de l'invention angloise, dont l'effect doibt estre aussi grand que d'une lunette ordinaire de 80 ou 100 pieds si les essais que les Anglois disent avoir faits sont veritables"; mais il se heurta alors à une difficulté qui finissait par lui sembler insurmontable. Déjà dans son article dans le Journal des Sçavants du 19 février 1672 (p. 134 du T. VII) il avait dit à propos de l'invention de Newton „qu'elle reussira, pourveu qu'on puisse trouver de la matiere pour les miroirs concaves, qui soit capable d'un poli vif & uni, comme celuy du verre". Or, au 10 juin 1673 il écrivit à Oldenburg (p. 303 du T. VII): „Son invention assurement eſtoit tres belle, mais a ce que j'ay pu connoistre par l'experience le defaut de la matiere la rend presque aussi impossible d'executer que la difficultè de donner la forme Hyperbolique repugne a celle de Monsieur Des Cartes de sorte qu'a mon avis il en faudra demeurer à nos verres spheriques" et de même, au 30 juin 1673, à son frère Constantyn (l. c. p. 319): „La Theorie pourtant de cette invention estoit belle, mais la matiere des miroirs est trop molle aupres de celle du verre, et ne souffre point le poli sans se gaster ce que j'ay trouvè en voulant faire une belle lunette de 12 pieds".

Encore en 1684 il résumait dans l'„Astroscopia compendiaria" (voir la note 1, p. 488 du T. VIII) son opinion sur l'avenir de la lunette catoptrique comme il suit: „Quod si attendamus quibus accessionibus in tantum hæc ars continue creverit, nihil aliud reperiemus nisi auctam tuborum longitudinem, lentesque, quas vocant, vitreas in sphæræ majoris convexitatem diligentius conformatas. Etsi enim modos quosdam alios, compendiaque investigaverint viri subtilissimi; jam conicarum sectionum præscriptis figuris quæ vitro inducerentur; jam speculorum reflexionibus radios lucis colligendo; certum est hæc omnia vel frustra fuisse vel votis & expectatione longe minora, ob causas quas exponere non est hujus loci". Mais voilà que vers 1691 l'idée lui est venue que la duplication des images ne serait peut-être pas un empêchement décisif à l'emploi d'une plaque de verre comme surface réfléchissante dans les télescopes catoptriques. Dans cet ordre d'idées il commence au paragraphe présent à déterminer la situation réciproque des deux images dans des suppositions différentes, pour calculer ensuite les conditions nécessaires pour que les deux images se confondent.

reſtituatur valor x EC $\frac{3a^3+2aab+3abb+b^3}{6aa+5ab+bb}$

ex EK [6]) $b+\frac{1}{2}a$ nam DK [7]) $\infty \frac{1}{2}a$

CK $\frac{13aab+5abb}{12aa+10ab+2bb}$ fere $\frac{13}{12}b$ vel $\frac{13}{12}b-\frac{1}{2}\frac{bb}{a}$ [8]) prox.

[Deuxième Partie.]

In ſpeculo ſphærico ſuperficierum concentricarum diſtabit focus principalis a foco ſuperficiei vitreæ fere $\frac{1}{3}$ craſſitudinis ſpeculi.

EK $a-\frac{1}{2}r$ [9])
EC $\frac{ar+2aa}{2a+4r}$ [10]) } ſ[ubtr.].

CK $\frac{2ar-2rr}{2a+4r}$ $a \infty r+b$; [CK] $\frac{br}{3r+b}$ fere $\frac{1}{3}b$.

hic calculus eſt in libello S [11]).

---

[1]) A et S sont donc les centres de deux surfaces sphériques égales, dont a représente les rayons.

[2]) Q est le point qui correspond aux rayons parallèles à l'axe tombant sur la surface inférieure après leur réfraction par cette surface. Voir la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 39.

[3]) B est le point de concours des rayons après leur réflexion par la surface extérieure du verre.

[4]) Puisque QG et BG peuvent être remplacées par QE et BE.

[5]) Voir la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 41; C est le point correspondant au point B par rapport à la surface intérieure.

[6]) K est le foyer des rayons parallèles à l'axe après leur réflexion à la surface intérieure.

[7]) Voir la note b, p. 131 du T. VII.

[8]) Lisez plutôt: $\frac{13}{12}b-\frac{35}{72}\frac{bb}{a}$.

[9]) Dans les calculs qui suivent a représente le rayon AE de la surface extérieure, r celui AD de la surface intérieure de la plaque de verre, b l'épaisseur du verre. K est le foyer de la surface intérieure.

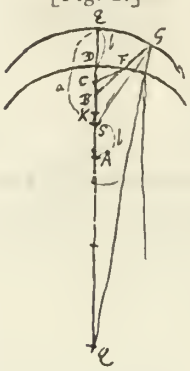
[10]) Le calcul de EC nous manque (voir la note 11, qui suit); mais il est clair qu'il peut être mené par les mêmes étapes que celui de la „première partie"; après quoi on arrive, en effet, au résultat formulé ici.

[11]) Nous ne connaissons pas ce Manuscrit.

[Troisième Partie.]

In ſpeculo vitreo æqualium ſphærarum, invenire quantum diſtent inter ſe foci reflexionis principalis qui ad extremos colores pertinent. Poſita ſecundum Newtonum refractionis proportione in rubro eſſe ut 140 ad 91: in violaceo extremo ut 142 ad 91 [1]). Fit ea diſtantia proxime $\frac{1}{156}$ craſſitudinis ED. Ergo multum abeſt ut nocere poſſit hæc aberratio.

[Fig. 2.]



ES ∞ DA ∞ a; ED ∞ SA ∞ b; AQ ∞ d; DQ ad QA proportio refract. [2])

QS $(d+b)$ ad SB $(a-x)$ ut QE $(d+a+b)$ ad EB (x); quia ang. QGB bifariam ſecatur recta GS.

$$dx+bx \infty ad+aa+ab-dx-ax-bx$$

$$x \infty \frac{ad+aa+ab}{2d+2b+a}$$

BQ $(d+a+b-x)$ ad BA $(a+b-x)$ ut BD $(x-b)$

$$\left.\begin{array}{l} \text{ad BC [3]} \left(\dfrac{ax+2bx-xx-ab-bb}{d+a+b-x}\right) \\ \text{ex BE } (x) \end{array}\right\} \text{f[ubtr.]}$$

$$\text{EC } \frac{dx-bx+ab+bb}{d+a+b-x}$$

$$\text{reſtitue } x;\ \text{EC} \infty \frac{add+aad+2abd+2abb+2dbb+2b^3}{2dd+4db+2ad+2ab+2bb} \infty$$

$$\infty \frac{1}{2}a-\frac{aab}{2dd+4db+2ad+2ab} \text{ [4])}$$

ſive $\frac{1}{2}a-\frac{aab}{2dd+2ad}$, hujus quantitas jam bis ſupputatur, ex binis refractionis proportionibus.

---

[1]) Nous ne savons pas d'où ces nombres, qui diffèrent de ceux de la p. 485, ont été pris par Huygens.

[2]) Voir la Prop, X, Part. I, Liv. I, p. 39. Q est le point qui correspond a des rayons parallèles à l'axe, après leur réfraction à la surface intérieure.

[3]) Voir la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 41.

[4]) C'est-à-dire, en négligeant les termes qui contiennent bb.

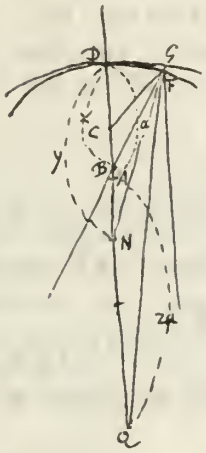
$a \infty 51$; $d \infty 91$ [5]); EC prima $\left[\frac{1}{2}a - \right] \frac{2601}{25844} b$

$a \infty 49$; $d \infty 91$; EC altera $\left[\frac{1}{2}a - \right] \frac{2401}{25480} b$

$\left[\frac{2601}{25844} b - \frac{2401}{25480} b\right]$ proxime $\frac{1}{156} b$. diſtantia focorum à coloribus extremis.

[Quatrième Partie].

[Fig. 3.]



Ponitur in medio D nulla eſſe craſſitudo ſpeculi vitrei.

DA ∞a radius ſuperficiei DF; AQ $\infty 2a$ [2]); DN ∞y radius ſuperf. DG; DB ∞x. B concurſus poſt refractionem in F et reflexionem in G. C concurſus poſt duas refractiones et reflexionem.

Oportet DC eſſe $\infty \frac{1}{2}$ DA [6]).

QN $(3a-y)$ ad NB $(y-x)$ ut QD $(3a)$ ad DB (x). quia angulus QFB bifariam ſecatur ab FN, ex lege repercuſſus. arcus DG minimus quia tantum diſtantia focorum quæritur.

$$3ax - xy \infty 3ay - 3ax; x \infty \frac{3ay}{6a-y}$$

BQ $(3a-x)$ ad BA $(a-x)$ ut BD (x) ad BC [3]) $\left(\frac{ax-xx}{3a-x}\right)$

ex BD (x)

DC $\frac{2ax}{3a-x}$ reſtitue val. x

$$\text{DC } \frac{6aay}{18aa-6ay} \text{ [ſive] } \frac{ay}{3a-y} \infty \frac{1}{2}a$$

$$ay \infty \frac{3}{2}aa - \frac{1}{2}ay$$

[5]) De cette manière le rapport QD : QA devient égal à l'indice de réfraction (voir la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 39), et il est évident que pour le calcul du deuxième terme de la dernière expression pour EC il suffit de connaître la valeur de ce rapport, les valeurs absolues de QD et de QA étant indifférentes.

[6]) C'est-à-dire pour que les deux images se confondent sur l'axe.

$y \infty a$; ſic demum conveniet focus ſpeculi cum foco ſuperficiei DF [1]).

$$\frac{ay}{3a-y} \infty a; y \infty \frac{3}{2}a. \quad \frac{ay}{3a-y} \infty \frac{16}{30}a; y \infty \frac{24}{23}a.$$

[Fig. 4.]

[Cinquième Partie].

1691. Maj.

Data ſpeculi ſuperficie ſphærica cava DF, et craſſitudine DE, invenire ſuperficiem EG, ut concurſus parallelorum principalis incidat in concurſum reflexorum a ſuperficie DF. ſit NE rad. ſuperf. EG prox. $\infty a + \frac{13}{9}b$.

rad. ſuperf. DF, AD ∞a; rad. ſuperf. EG, NE ∞d; ex proport. ref. $\frac{3}{2}$, AQ $\infty 2a$ [2]); craſſitudo ED ∞b; EB ∞x, B concurſus ante ſecundam refract.; QD $\infty 3a$.

$d-b$ DN
a DA
$d-b-a$ AN

QN $(3a-d+b)$ ad NB $(d-x)$ ut QE $(3a+b)$ ad EB(x) nam QE ad EB ut QG ad GB quia arcus EG hic ponitur minimus, ad quærendos focos.

$$3ax-dx+bx \infty 3ad-3ax+bd-bx$$

$$x \infty \frac{3ad+bd}{6a+2b-d}$$

BQ $(3a+b-x)$ ad BA $(a+b-x)$ ut BD $(x-b)$ ad BC [3]); C concurſus ultimus ſeu focus ſpeculi vitrei.

$$\frac{ax+2bx-xx-ab-bb}{3a+b-x} \text{BC} \Big| \text{ f[ubtr.]}$$

ex x BE

[1]) Puisqu'ainsi les deux surfaces se confondraient et qu'il est donc impossible d'obtenir dans la supposition choisie que les deux images coïncident sur l'axe, Huygens procède à déterminer le rayon de la surface extérieure dans d'autres suppositions sur la situation de l'image C.

[2]) Voir la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 39.

[3]) Voir la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 41.

$$\frac{2ax-bx+ab+bb}{3a+b-x}\ \text{EC restitue val. } x.$$

Ponitur C punctum concurſus a ſuperficie DF reflexorum, unde EC ∞ $\infty\ b+\frac{1}{2}a$

$$b+\frac{1}{2}a \infty \frac{6aad+6aab-2abd+8abb-2bbd+2b^3}{18aa+12ab-6ad+2bb-2bd}$$

$$d \infty \frac{9a^3+18aab+5abb}{9aa+5ab} \infty a+\frac{13}{9}b-\frac{20}{81}\frac{bb}{a}\ ^{4)}$$

$$a+\frac{13}{9}b \text{ proximè } \infty\ d, \text{ ſive AN} \infty \frac{4}{9}b.$$

Conſervatur in hujuſmodi ſpeculis vitreis id quo ſpeculi metallici reflexio præſtabat in congregandis radijs parallelis comparatione lentis vitreæ [5]; ſed et præterea corrigitur defectus à diverſitate refractionum quæ a coloribus, unde aberratio multo major oriebatur [6]. Radij lucis bis tranſire debent ſpeculi craſſitudinem, cum lentem ſemel tantum. Unde in ſpeculis hujuſmodi plus de luce amittitur. ſed rurſus acquiritur lux quæ ex utraque ſuperficie lentis deperibat ob radios repercuſſos.

ut fiat KC $\infty \frac{1}{30}a$, ſed ita ut C cadat inter K et D, erit d ſive NE rad. proximè $\frac{21}{22}a+\frac{16}{11}b$ [7].

---

[4]) Ce résultat est obtenu en exécutant la division à-peu-près de la manière dont on le ferait maintenant; mais nous avons supprimé ce calcul.

[5]) Voir la note *b*, p. 131 du T. VII, où il est montré que l'aberration sphérique d'un miroir concave n'est que la $\frac{3}{28}^{\text{ième}}$ partie de celle d'une lentille planconvexe possédant la même distance focale et la même ouverture.

[6]) Comparez la p. 485 du Tome présent.

[7]) On trouve, mais d'une manière confuse, une partie des calculs qui ont amené ce résultat à la p. 73 du manuscrit dont nous nous servons ici. En voici le résumé: la condition formulée exige évidemment:

$$b+\frac{1}{2}a=\frac{6a^2d+6a^2b-2abd+8ab^2-2b^2d+2b^3}{18a^2+12ab-6ad+2b^2-2bd}+\frac{1}{30}a;$$

donc:

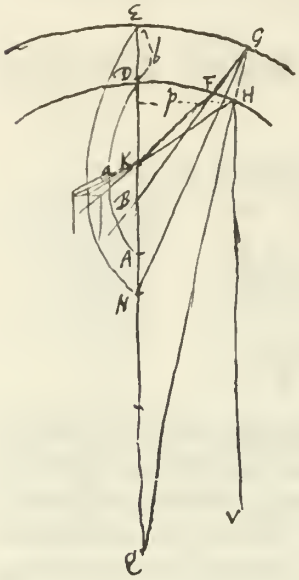
$$(b+\frac{7}{15}a)(18a^2+12ab-6ad+2b^2-2bd)=6a^2d+6a^2b-2abd+8ab^2-2b^2d+2b^3$$

d'où l'on déduit:

$$126a^3+264a^2b+74ab^2=132a^2d+74\,abd$$

ce qui donne:

[Fig. 5.]



1691. Maj.

quia A et N proxima, (nam tantum diſtant $\frac{4}{9}$ ED) ſit NQ fere dupla NG. unde ang. NGQ fere duplus NQG. Sed HGF eſt duplus NGQ. Ergo HGF fere quadruplum NQG.

QD ($3a$) ad DH (p) ut DE ſive HG (b)

ad $\frac{1}{4}$ HF$\left(\frac{bp}{3a}\right)$ [1])

DH ad DF [2]) ut p ad $p - \frac{4}{3}\frac{bp}{a}$

DH ad FH ut p ad $\frac{4}{3}\frac{bp}{a}$ ut $3a$ ad $4b$

[$a \infty 300$; $b \infty 1$]

[DH ad FH ut] 900 ad 4 ut 140 ad $\frac{560}{900} \infty \frac{28}{45}$ pr[ox.] $\frac{3}{5}$

[DH ad DF ut] 140 ad $140\frac{3}{5}$

$$d = \frac{63a^3 + 132a^2b + 37ab^2}{66a^2 + 37ab} = \frac{21}{22}a + \frac{709}{484}b + \ldots;$$

valeur qui ne diffère pas beaucoup de celle $\frac{21}{22}a + \frac{16}{11}b = \frac{21}{22}a + \frac{704}{484}b$, déduite par Huygens pour le même quotient.

[1]) $\frac{\text{DH}}{\text{QD}}$ est à-peu-près égal à l'angle NQG; $\frac{\text{HF}}{\text{HG}}$ à l'angle HGF, qui est quatre fois plus grand.

[2]) D'après le post-scriptum qui suit, Huygens croyait, mais à tort comme il l'indique dans ce post-scriptum, que ce rapport était égal à celui des grossissements des deux images. Il procède donc au calcul de ce rapport dans une certaine supposition sur les grandeurs relatives du rayon de courbure AD du miroir et de l'épaisseur ED du verre et trouve celui de 140 à $140\frac{3}{5}$. Il semble en avoir conclu que les deux images ne se couvriraient point à cause de cette différence dans les grossissements et qu'il fallait donc abandonner le projet d'employer le verre pour la construction du miroir de la lunette catoptrique.

[3]) Voir la „deuxième Partie", p. 807.

[4]) Cette partie, qui n'appartient pas au post-scriptum et qui contient quelques remarques sur le télescope de Newton, doit être datée, comme les autres, de 1691.

[5]) Cette phrase fut biffée; mais plus tard Huygens annota „non delendum. sic etiam Newtonus computat ampliationem". En effet, Newton fait dépendre le grossissement du rapport de KN à DK, où K est le foyer commun du miroir concave et de l'oculaire (voir la p. 130 du T. VII ou la p. 4005 de l'article de Newton dans les Phil. Trans N°. 81 du 25 mars 1672). Or, ici Huygens supplée la démonstration qui manque chez Newton. À cet effet il con-

P. S. 1692 maj. 5.

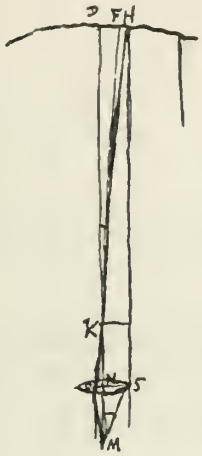
Putabam duas diverſas amplificationes hic futuras, propter angulum HKF, ſed fallebar; non enim putandus oculus poni in K. Sed radij HK, FK producti et lente oculari ad paralleliſmum reducti, convenient in oculi fundo ad punctum unum, ac proinde non erunt rei viſæ imagines binæ.

Ergo optime ſuccedet conſtructio hujuſmodi Neutoniani teleſcopij.

Præcipua erit difficultas ut radius NE convexi exterioris ſit preciſe ∞ radio $AD + \frac{13}{9} DE$ craſſitudinis. Craſſitudo ponenda eſt quanta requiritur ne inviſibili flexu vitri figura falſa oriatur. alias craſſitudo temperari poſſet ad cognitos exacte convexi et cavi radios.

Videndum an tenuiores laminæ vitreæ expoliri poſſint, in quibus parum noceret diverſitas focorum; quæ $\infty \frac{1}{3} b$, ſi ſuperficies ſint concentricæ [3]). Deberent firmiores reddi, affixis orbibus marmoreis, dura maſtiche. gypſum expertus ſum, ſed fruſtratus expectatione. comparanda repercuſſio ſpeculi vitrei vel argenti vivi cum ſpeculo metallico, an multo fortior ſit? videtur mihi hydrargyrus totam lucem remittere.

[Fig. 6.]



debent radij cavitatis et convexi non multum differre magnitudine, quia alias colorum aberratio revertitur.

[Sixième Partie.] [4])

Augmentum ut ang. SMN ad NKO ſeu DKH. hoc eſt ut DK ad NM ſeu KN [5]).

Ex Newtoni figura teleſcopij ſui [6]) videtur ad foci diſtantiam $6\frac{1}{3}$ digitorum [7]) (mihi 5 poll.) ponere diametrum aperturæ ſpeculi $1\frac{11}{12}$ pollicis [8]) ſeu fere 2 poll.

sidère des rayons ayant la direction KH; puisqu'ils redeviennent parallèles entre eux après la réflexion par le miroir et le passage par l'oculaire, il suffit d'en suivre un seul pour lequel on peut choisir celui qui passe par le foyer K du miroir et qui sera donc rendu parallèle à l'axe après la réflexion pour prendre ensuite la direction SM avant d'entrer dans l'oeil, d'où il suit que le grossissement est, en effet, égal au rapport des angles DKH, ou OKN, et NMS, où NM = KN.

[6]) Voir la figure vis-à-vis de la p. 129 du T. VII.

[7]) Voir la deuxième ligne de la p. 130 du T. VII, ou la p. 4005 de l'article de Newton cité dans la note 5.

[8]) La dimension de l'ouverture n'est pas mentionnée, ni dans la Pièce N°. 1861, p. 129

Aperturæ ſpeculi rationem ſequentur quam inveneram in lentibus teleſcopij poſita aberratione ſola quæ figura ſphærica [1]) ſuperficierum.

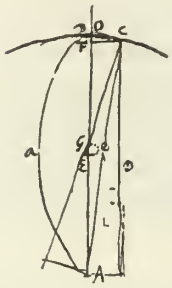
aberratio eſt $\frac{1}{2}$ profunditatis ſeu ſinus verſi. vid lib. H. pag. . . . [2])

§ 3 [3]).

[1692] [4]).

[Première Partie.]

[Fig. 7.]



rad, AB ∞ a; CF perp. AB. EB ∞ $\frac{1}{2}a$ [5]). GE ∞ e aberrat.; BF ∞q. GO ∞ GC. OF ∞ 2BF ∞ $2q$ prox. [6]); OE ∞ $\frac{1}{2}a+q$; GC ∞ OG ∞ $\frac{1}{2}a+q-e$.

$$\frac{\text{GA} \infty \frac{1}{2}a+q-e \text{ [7])}}{\text{AO} \infty a+2q-2e \infty \text{AB}+\text{BO} \infty a+q}\ 2$$

$$2e \infty q$$

$$e \infty \frac{1}{2}q \text{ [8])}$$

In his teleſcopijs ergo erit ratio aperturarum eadem quam in aliis inveneram, ex tota aberratione propter figuram lentium ſphæricam [9]).

---

du T. VII (voir la note 1 de la p. 803), ni dans l'article de Newton dans les Phil. Trans. du 25 mars 1672; mais d'après les dimensions empruntées à la figure, telle qu'on la trouve au Manuscrit D, on voit qu'en effet ce diamètre égale environ la $\frac{2^{\text{ième}}}{5}$ partie de la distance focale.

[1]) Voir la règle de la p. 343 du Tome présent et comparez la première partie du § 3 qui suit.

[2]) Cette dernière annotation est de 1692; voir le § 3, première Partie.

[3]) Ce paragraphe est emprunté aux pp. 57, 58, 59 et 61 du Manuscrit H.

[4]) D'après le lieu qu'il occupe au Manuscrit H. On trouve, en effet, sur la p. 57 une annotation sur d'autres sujets, datée du 1 mai 1692.

[5]) E est le foyer du miroir.

[6]) Voir la Prop. II, Part. II, p. 275; CO est un arc de cercle de rayon GC.

[7]) GA = GC puisque $\angle$GCA = $\angle$ACD = $\angle$CAG.

[8]) Voir, pour une autre démonstration, datant de 1672, la note *b* de la p. 131 du T. VII.

[9]) Voir la règle de la p. 343 du Tome présent. Ajoutons que Newton s'est évidemment servi de

[Deuxième Partie.]

Quia difficillimum effet obfervare accurate menfuras radiorum *a* et *d* quæ inventæ funt pag. 74 lib. G [10]), quibufque conveniunt in unum duo foci, volui hic quærere qua proportione rad. *a* et *d* fiat ut procul a fe recedant focus uterque. qua ratione forfan non multum nocebunt. non duplicabunt fed nonnihil nebulæ inducent.

[Fig. 4.]

vide lib. G, pag. 74. et quæ illic figuram [11]).

$$7b + \frac{1}{2}a \infty \frac{6aad + 6aab - 2abd}{18aa + 12ab - 6ad - 2bd} \text{ EC } ^{12})$$

neglectis in quibus *bb*.

$$126aab - 42abd + 9a^3 + 6aab - 3aad - abd \infty 6aad + \\ + 6aab - 2abd$$

$$126ab + 9aa \infty 41bd + 9ad$$

$$d \infty \frac{126ab + 9aa}{41b + 9a} \infty a + \frac{85}{9}b \infty a + 9\frac{4}{9}b$$

Sit $a \infty 12$ ped. ut foci diftantia fit circiter 6 ped.; $b \infty \frac{1}{3}$ poll. $d \infty \frac{4}{3}$ poll. $+ 12$ ped. [13]), *a* ad *d* ut 144 ad $144\frac{4}{3}$ ut 432 ad 436 ut 108 ad 109.

la même règle pour calculer la table qu'on trouve à la p. 4033 de son article dans les Phil. Trans. N°. 82, du 22 avril 1672, intitulé, „Mr. Newtons Letter to the Publisher of March 26. 1672. containing some more suggestions about his New Telescope, and a Table of *Apertures* and *Charges* for the several *Lengths* of that Instrument".

[10]) Il s'agit de la „cinquième Partie" du § 2; on y trouve à la p. 811 la relation mentionnée, $d = a + \frac{13}{9}b$.

[11]) Nous avons reproduit ici cette figure.

[12]) Comparez la deuxième formule de la p. 811. De cette manière la distance des deux images sera égale à six fois l'épaisseur DE du verre. N'oublions pas d'ailleurs que les deux images ne seront vues que par l'intermédiaire de l'oculaire, c'est-à-dire d'un microscope assez grossissant; ce qui cause que même une distance relativement petite entre les images suffit pour rendre indistincte l'une d'elles quand l'autre est vue distinctement. Sans doute Huygens s'est souvenu ici de ses remarques et recherches de 1684 sur le peu de profondeur, dans le cas des forts grossissements, de la couche qu'on peut voir distinctement d'un seul coup d'oeil; voir le § 10 de l'Appendice X à la Troisième Partie de la Dioptrique, p. 687 du Tome présent.

[13]) Lisez $3\frac{4}{27}$ poll. $+ 12$ ped. et corrigez les nombres qui suivent.

$$-4b+\frac{1}{2}a \infty \frac{6aad+6aab-2abd}{18aa+12ab-6ad-2bd}$$

$$-72aab+24abd+9a^3+6aab-3aad-abd \infty 6aad+6aab-2abd$$

$$9a^3-72aab \infty 9aad-25abd$$

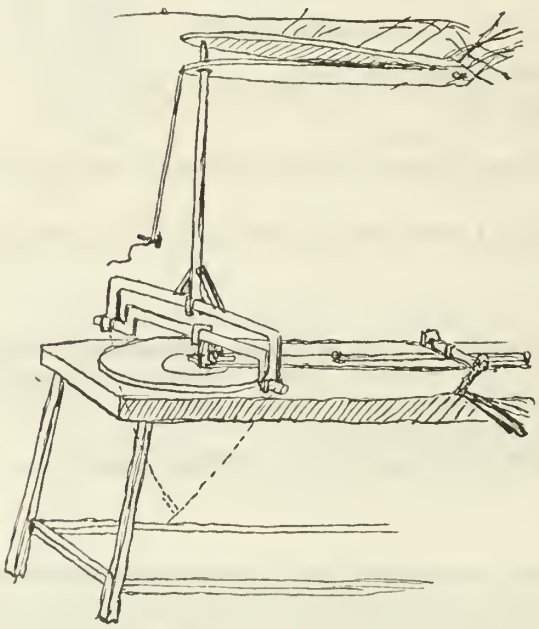
$$d \infty \frac{9aa-72ab}{9a-25b} \infty a-\frac{47}{9}b \infty a-5\frac{2}{9}b$$

ut positis a et b sicut prius, focus superficiei summæ seu vitri distet $3b$ [1]) seu 3 crassitudinibus longius a speculo quam focus principalis. Jam radius d superficiei convexæ sit minor quam radius superfic. cavæ.

$3b$ æquatur pollici, quia $b \infty \frac{1}{3}$ poll. posita fuit $5\frac{2}{9}b \infty 1\frac{5}{7}$ circiter poll.

[Troisième Partie.]

[Fig. 8.]



Posset politoriæ mensæ [2]) elater superne lignis affigi, ut longiores fiant baculi prementes quam nunc sunt funes trahentes, qui nimis oblique trahunt circa extremas formæ margines.

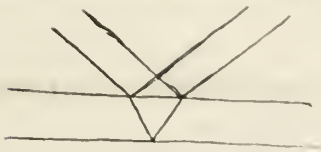
hoc præcipue conduceret, imo necessario esset faciendum, si specula vitrea cava polire vellemus, sic primum superficies eorum convexa perficeretur. deinde et cava, movendo patinam metallicam super vitro immobili. Vel hanc partem funiculorum tractione, ut hactenus elaborare possumus.

Vel posset mensa ipsa altior fieri pede uno aut altero, et simul sedes quoque, ne difficilius circumagatur ancon.

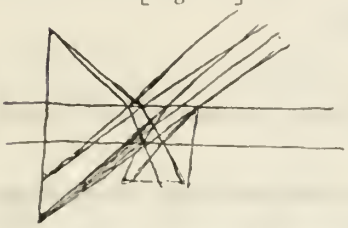
[1]) Lisez $5b$; puisque le foyer de la surface concave se trouve à la distance $\frac{1}{2}a+b$ du point E; voir la p. 811.

[2]) Nous traiterons les machines employées par les frères Huygens à polir les verres des lunettes dans un autre volume de cette publication, à propos de l'ouvrage posthume „Commentarii de formandis poliendisque vitris ad telescopia", qui parut en 1703 dans les „Opuscula Postuma".

[Fig. 9.]



[Fig. 10.]



Si ſpeculi vitrei duæ ſuperficies inter ſe parallelæ fuerint non duplicabit rei viſæ procul diſſitæ imaginem, etiamſi oblique inſpectam. Quia radij ex utriuſque ſuperficiei repercuſſu ad oculum paralleli ferentur, ſi paralleli in ſupremam ſuperficiem incidant, unde ad punctum unum in oculi fundo convenient [3]).

Sed propinqui viſibilis duplex fiet imago.

Il ſeroit aiſé a ceux qui ſoufflent les glaces des miroirs dans les verreries, de les etendre ſur une forme concave et les mettre ainſi a recuire, auſſi bien qu'ils les etendent ſur une plaque plane. ainſi on auroit la glace formee pour faire un miroir concave auſſi grand qu'on en fait de plans, pourvu qu'on leur donnaſt un creux de ſer battu de la grandeur qu'il faut.

Pour uſer et doucir ces verres planoconcaves on pourroit les attacher avec un ciment doux de cire jaune et $\frac{1}{3}$ de terbentine à une pierre creuſe de marbre ou pierre Suedoiſe. Si on trouve qu'alors ils peſent trop ſur la forme, on peut les alleger avec un contrepoids ſur une poulie.

Pour appliquer la feuille avec le vif argent, il faudroit battre doucement ces feuilles d'etain dans la forme pour leur faire prendre la figure. le marteau ſeroit de bois arrondi et bien uni. Il faudroit commencer a battre par les bords de la forme, qui devroient eſtre arrondis et point tranchants.

On peut battre la forme ſpherique pour la verrerie aſſez exactement, ſelon une plaque couppée; En appliquant les endroits defectueux ſur un creux de bois, et battant alors pour les relever ou abaiſſer ſelon qu'il eſt requis. La meſme forme pourroit ſervir à uſer enſuite le verre des deux coſtez. Eſtant de leton on la perfectionneroit plus aiſement.

---

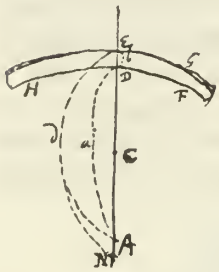
[3]) Comparez le premier alinéa du Post-scriptum de la p. 813

des grands verres de 3 pieds devroient bien avoir l'epaiſſeur d'un demi pouce.

Il faudroit rendre la glace creuſe d'egale epaiſſeur par les bords, ce qui manque a tous les miroirs plats.

[Quatrième Partie.]

[Fig. 11.]



AD [a] radius cavi DF; NE rad. convexi EG. DE craſſitudo media ∞ b.

Si NE ſit ∞ $a + \frac{13}{9}b$, fit ſpeculum perfectum, convenientibus utriſque focis rad. parallelorum in C, medio puncto rectæ AD ut oſtenſum lib. G pag. 74 [1]).

Sit DE $\frac{2}{5}$ pollicis. DA ∞ 2 pedum. ſit NE 2 ped. $+ \frac{26}{45}$ poll. ſive NE prox. 2 ped. $+ \frac{5}{9}$ poll.

Sit latitudo ſpeculi FH 7 poll. ad Teleſcopium pedalis longitudinis.

Ut proportiones iſtæ facilius obtineantur, modulus ex ferro vel ære cudatur cujus cavitatis radius ſit bipedalis, radius convexitatis vero dimidio circiter pollice major; quæ differentia exactiſſime capiatur poſtquam utraque ſuperficies perfecta fuerit. Ejus $\frac{9}{13}$ debent ſpeculi vitrei craſſitudinem mediam efficere, in iſto modulo formandi et expoliendi.

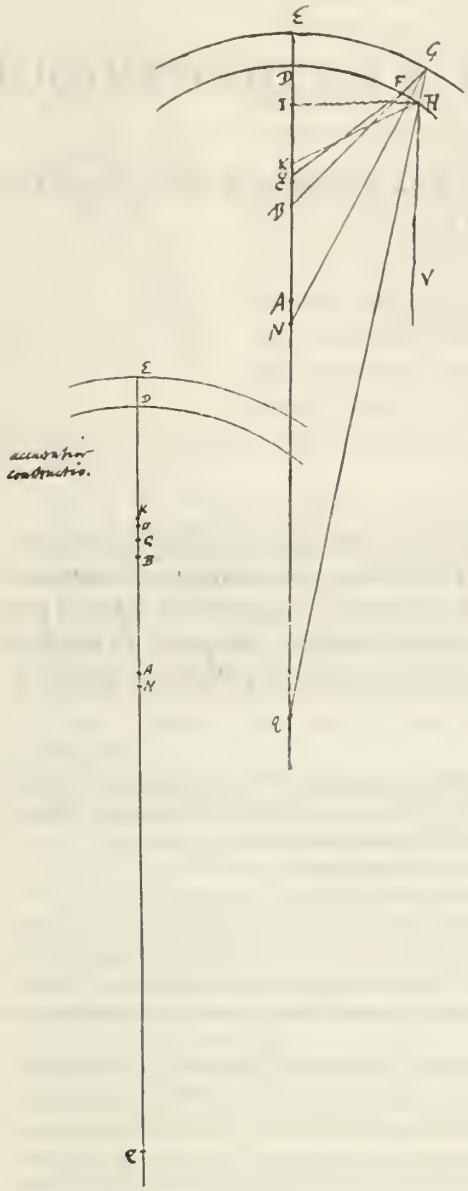
---

[1]) Voir la cinquième partie du § 2, p. 810.

[2]) Évidemment avant de commencer cette cinquième Partie Huygens s'est démandé si l'aberration sphérique de la seconde surface réfléchissante (qu'il considère comme la plus importante) ne surpasserait pas celle de la première dont la connaissance (voir la p. 814) l'avait conduit à la conclusion sur l'avantage, sous ce rapport, des lunettes catoptriques sur les lunettes dioptriques (comparez le premier alinéa de la note 5, p. 805). Pour se renseigner sur ce point il construit une figure exacte où il trace avec beaucoup de soin les routes suivies par un rayon VH, d'abord après sa réflexion à la surface DH, ensuite après les deux réfractions à cette surface et la réflexion à la surface EG. Il trouve que l'aberration sphérique CK du rayon réfléchi à la première surface surpasse celle qui est propre à la deuxième route. Ensuite, pour vérifier le résultat obtenu, il reprend la construction d'une figure sembable avec encore plus de précision. En effet, dans cette dernière figure d'„accuratior constructio" on aperçoit encore sur le manuscrit les lignes de cette construction, tracées dans le papier avec une pointe très fine.

[Cinquième Partie.] [2])

[Fig. 12.]



AD radius ſuperficiei DH; AC ∞ CD. C erit focus communis duarum ſuperficierum in ſpeculo ordinato ſicut pag. 59 [3]). Radius VHK, faciet CK ∞ $\frac{1}{2}$ DI prox. [4]). Sed radius VHGFO faciet OC minorem quam CK, quantum video ex conſtructione hac. Ergo hic radius minus aberrabit priore. adeo ut ſi aberratio KC non fuerit nimia nocenſque, non verendum ſit ne aberratio OC noceat.

Puncta autem C, O, K tam propinqua eſſe debent ut pro uno ſint, quod moderanda apertura DH eſt efficiendum.

[3]) Il s'agit de la quatrième Partie qui précède.

[4]) Voir la première Partie, p. 814.

QUATRIÈME COMPLÉMENT À LA „DIOPTRIQUE"[1]).

[Remarques critiques ſur des ouvrages ou des travaux de dioptrique.]

[1668—1692].

§ 1 [2]).

[1668] [3]).

Perſpicilla quæ author [4]) in gratiam myopum aptanda proponit [5]) ſunt teleſcopia breviſſima ex convexa et cava lente compoſita, puta pollicum duorum vel unius vel etiam minus res viſas in prop. duplo circiter augentia [6]). Qualia jam ante annos decem conſtructa novimus, multisque utiliter uſurpata. In his illud eximium eſt quod lentem objectivam maximæ aperturæ pati poſſunt, eoque mag-

---

[1]) Dans ce Complément nous réunissons les critiques et remarques de Huygens sur les ouvrages de dioptrique d'autres savants, pour autant qu'ils n'ont pas encore trouvé leur place dans la „Correspondance" contenue dans les Tomes I—X de notre publication.

[2]) Ce paragraphe est emprunté à une feuille séparée de quatre pages.

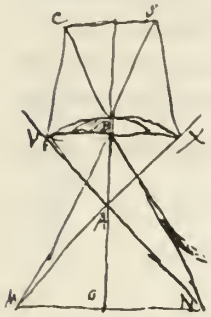
[3]) Voir les notes 1 et 2 des pp. 323 et 324 du T. VI et consultez la note qui suit.

[4]) Cet auteur est sans doute Francesco Eschinardo (voir sur lui la note 3, p. 323 du T. VI); pour s'en convaincre il suffira de prendre connaissance de la Pièce N°. 1687, p. 324—326 du T. VI. Dans cette pièce Eschinardo répond aux objections qui suivent et qui, d'après la suscription de la pièce citée, lui ont été transmises; probablement par l'intermédiaire de quelque ami commun.

[5]) Il s'agit de la „Centuria Problematum Opticorum", le deuxième des ouvrages cités dans la note 2 de la p. 323 du Tome VI. Cet ouvrage traite la première moitié des cent problèmes mentionnés dans le titre, mais il contient en outre un „addendum", ajouté évidemment après l'impression des cinquante problèmes et solutions qui le précèdent. C'est à cet „addendum" que se rapportent les remarques de Huygens qui suivent. Il porte la suscription: „Ad doctissimum Geometram Lemnium de Rubeis in Perusino Archigymnasio Philos. et Mathemat. Professorem emeritum Epistola Francisci Eschinardi è Soc. Jesu. 15. Sept. 1667", et il débute ainsi: „Indicaveram tibi ex mea Centuria Optica methodum conficiendi Perspicilia pro

nam objectorum latitudinem exhibere uno intuitu. Oportet autem lentem eam plano convexam esse et superficiem convexam extrorsum collocari, nam si contrario modo disponatur, flexa et intorta omnia videri faciet.

[Fig. 1.]



Quanquam vero in dioptricis vel mediocriter versato sola experientia duce facile sit telescopia hujusmodi construere quæ eadem ad res longinquas et propinquas videndas accommodantur, prout lentium distantia pauxillum contrahitur vel augetur, non inelegante tamen determinationem rei ex dioptrica doctrina autor tentat, proponens sibi problema hujusmodi, data distantia rei videndæ a lente objectiva et ea qua lentes telescopij inter se disjungi volumus, item proportione qua rei visæ speciem cupimus augeri, et præter hæc distantia ea qua myops primum nudis oculis distincte videre solitus est. Invenire convexitatem lentis objectivæ et cavitatem ocularis, ponendo utramque planoconvexam quæ deinde in alias mutari possunt[7]. quæ autem ad solutionem problematis hujus præmittit[8], obscure explicata sunt et in figuris pluscula videntur vel peccata vel

Myope, in quibus, vel nulla, vel minima fieret iactura magnitudinis apparentiæ; vel etiam aliquid augmenti lucraremur pro vario oculorum vitio (neque enim ampullas, & iactantium amo; exagerando absolutè artem, quæ non possit in praxim reduci): Nunc quandoquidem ita iubes; rem prolixius expono".

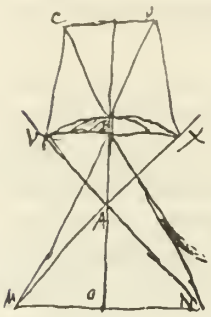
Ajoutons que l'ouvrage d'Eschinardo ne se trouve dans aucune des bibliothèques des Pays-Bas et que les tristes évènements de l'année 1914 ne permettaient pas d'encourir le risque de le faire venir d'ailleurs. Nous apprécions d'autant plus la bienveillance de M. le professeur Silvanus P. Thompson qui a bien voulu examiner et copier pour nous de l'exemplaire du British Museum les passages qui sont nécessaires pour bien saisir la portée des remarques de Huygens.

[6]) Voici comment on doit se figurer ces télescopes très courts. On doit placer au point A de la Fig. 1 une lentille concave contre laquelle on applique l'oeil. On verra alors l'objet CS, qu'on suppose situé à une certaine distance, sous l'angle visuel VAX et l'on pourra choisir la concavité de cette lentille de manière à assurer la netteté de l'image vu par un myope dont la distance de la vision distincte est connue. Voir d'ailleurs la Fig. 2.

[7]) Voici comment à la p. 256 de son livre Eschinardo formule les données du problème: „fingamus proponi nobis, vt fiat perspicilium, quo Miops legat caracteres in distantia circiter 20 vnciarum (contempta scilicet crassitie vitrorum) et sub angulo visorio artificiali, qui sit duplo maior naturali; ita vt cauum post conuexum distet à conuexo per vnam vnciam, & vnam nonam, verbi gratia; oculus autem immediatè post cauum positus excipiat visuales à singulis punctis objectiuis ita diuergentes, ac si naturaliter, & sine artificio vitrorum legeret caracteres in distantia ab oculo per 6 vncias". Ensuite il ajoute „Sic operaberis. Accipe lentem planoconvexam (quod de planoconvexa dico, applicetur proportionaliter vtrimque convexæ) diametri duarum vnciarum; Huic adde lentem planoconcavam semidiametri $\frac{8}{18}$ vnius vnciæ, & pone illam in distantia à convexo, per vnam vnciam, & vnam nonam vnciæ; & habebis intentum".

[8]) Aux p. 253—256.

[Fig. 1.]



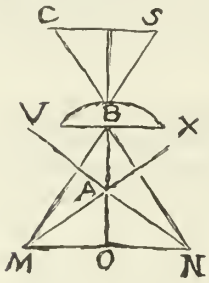
omiſſa. ut in problemate primo [1]) ubi rectæ MAX, NAV ut hic, debebant occurrere lenti B, et ab S radius duci ad X, et a C ad V, ut pateat oculum in A percipere puncta C, S per rectas XA, VA. quemadmodum hæc cernere eſt in prop. 45 Opt. Promotæ Jacobi Gregorij [2]). cujus demonſtratio vel repetenda fuerat authori vel lector ad eam remittendus [3]).

Porro calculus quo diametrum lentis convexæ in teleſcopio ſuo inquirit veros numeros exhibet. Quo cavæ non item, nam diameter hujus quam facit [4]) $\frac{16}{18}$ ſive $\frac{8}{9}$ unciæ debebat eſſe $\frac{15}{16}$ unciæ.

AB [Fig. 2] ∞ BC [5]). AC foci diſtantiam parallelorum 2 unc. [6]) FA diſtantia objecti ab lente objectiva 20 unc. Erit AE diſtantia puncti ubi imago objecti diſtinctè pingitur $2\frac{2}{9}$ unc. [7]).

---

[1]) Lisez: „Propositione prima", puisqu'il s'agit de la première Proposition, p. 253—254, que nous reproduisons ici avec la figure qui l'accompagne: „In præsenti figura, in qua sit obiectum CS: & MN Basis distincta producta per Vitrum obiectum VBX: Angulus visorius artificialis post lentem conuexam habitus per lineas refractas, verbi gratia in A eam habet proportionem ad angulum visorium naturalem in loco lentis B; quam habet altitudo Trianguli MBN post lentem conuexam, (cuius Trianguli Basis est ipsa imago MN producta per dictam lentem), ad altitudinem Trianguli MAN super eadem dicta Basi MN, cuius vertex sit Angulus A".



La proposition est évidente (pour des angles assez petits pour que l'on puisse les remplacer par leurs tangentes) si l'on considère que les rayons CBN et SBM peuvent être censés passer par le centre optique de la lentille B, de manière que l'angle MBN est égal à l'angle CBS, et que l'on suppose que l'oeil soit placé avec la lentille concave au point A.

[2]) Voir la p. 62 de l'ouvrage cité dans la note 6, p. 330 du T. IV. On y trouve, en effet, une figure où les lignes indiquées par Huygens comme manquant dans la figure d'Eschinardo ont été tracées.

Voici la „Prop. 45" mentionnée: „Si cujuscunque visibilis, singulorum punctorum radii, ad alia puncta convergantur; oculo inter lentem, vel speculum, & puncta concursuum posito, semper apparebit imago visibilis confusa, & eo angulo visorio, quo apices penicillorum, extremorum visibilis punctorum, ex oculi centro. Apices autem penicillorum, extremorum visibilis punctorum, eodem angulo apparent ex vertice emersionis, quo visibile ex vertice incidentiæ."

[3]) Toutefois Eschinardo a donné une démonstration de sa proposition qui, quoique un peu

[Fig. 2.]

Jam posita AD distantia cavi a convexo $1\frac{1}{9}$ unc. et posito oculo in D fit augmentum duplum ejus quod percipitur ex A [8]). huc usque verum est quod dicit [9]).

fit ergo CE $\frac{2}{9}$ unc. qua ablata ab ED seu DA quæ erat $\frac{10}{9}$ unc. fit CD $\frac{8}{9}$ unc. quantam ille vult esse diametrum cavæ lentis D [10]). atqui hæc per regulam nostram [7]) disperget radios ad punctum E tendentes ac si venirent a distantia unc. $4\frac{4}{9}$ [11]) non autem unc. 6 ut ille vult. ergo male rationem inijt [12]).

dico autem diametrum cavi debere esse $\frac{15}{16}$ unciæ [13]).

---

prolixe, est juste au fond. Elle correspond à ce que nous avons remarqué dans le deuxième alinéa de la note 1.

4) Voir les dernières phrases de la note 7, p. 821.

5) B est le centre de la surface convexe de la lentille A, AC sa distance focale, qui (d'après la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81) égale le diamètre de cette surface.

6) Cette distance focale ne figure pas parmi les données du problème; mais, puisque le problème n'est pas suffisamment déterminé par ces données, on peut encore choisir à volonté la distance focale de l'une des deux lentilles.

7) Voir la Prop. XX, Part I, Liv. I, p. 99.

8) Voir la note 1.

9) Voici le passage en question du texte d'Eschinardo (p. 257), qui fait suite à celui que nous avons cité dans la note 7 de la p. 821: „Nam ex supra ostensis; posito obiecto in distantia 20. vnciarum à lente convexa, cuius diameter. 2. vnciarum, habetur focus, seu imago in distantia à dicta lente per duas vncias, & $\frac{2}{9}$; quod si in hoc triangulo, cuius Basis est imago, vertex verò ipse vertex emersionis lentis convexæ, ponatur oculus in ipsa media altitudine in A prout in prima figura huius problem.;" [Fig. 1] „scilicet distantia à lente conuexa per vnciam $1.\frac{1}{9}$, habebis angulum visorium artificialem duplum anguli naturalis;" après ce passage on lit encore à propos du même problème: „hic si applicetur lens caua diametri $\frac{16}{18}$ unius vnciæ, & retinebitur pro oculo immediatè applicato ad lentem cauam angulus visorius supradictus duplus naturalis; & fiet nouus focus, vnde diuergent radij à singulis punctis in distantia 6. vnciarum; hoc est ita se habebit oculus, ac si in distantia 6. vnciarum legeret caracteres naturaliter: quæ omnia patent tum ex supradictis; tum ex doctrina præcedentis nostræ Centuriæ Opticæ impressæ".

10) Voir le deuxième passage cité dans la note précédente.

11) Voir la note 1 de la p. 824.

12) Consultez sur l'origine de l'erreur d'Eschinardo la note 5 de la p. 825.

13) Voir le calcul qui suit, à commencer par la deuxième proportion.

$$\frac{2}{9} \text{ ad } \frac{10}{9} \text{ ut } \frac{10}{9} \text{ ad } \frac{50}{9}\ ^{1)}$$

$$\frac{\frac{10}{9}}{\frac{40}{9}} \infty 4\frac{4}{9}$$

[Fig. 2.]

$$\frac{10}{9} - x \text{ ad } \frac{10}{9} \text{ ut } \frac{10}{9} \text{ ad } \frac{\frac{\frac{10}{81}}{10-9x}}{9}\ ^{2)} \infty \frac{90}{810-729x} - \frac{10}{9} \infty 6$$

$$p - x \text{ ad } p \text{ ut } p \text{ ad } \frac{pp}{p-x} - p\ ^{3)} \infty 6$$

$$pp - pp + px \infty 6p - 6x$$

$$px + 6x \infty 6p$$

$$x \infty \frac{6p}{p+6}$$

$$\frac{\frac{60}{9}}{\frac{64}{9}} \infty \frac{60}{64} \infty \frac{15}{16}\ ^{4)}$$

$$\frac{10}{9} - \frac{15}{16} \text{ ad } \frac{10}{9} \text{ ut } \frac{10}{9} \text{ ad } \frac{\frac{100}{81}}{\frac{25}{144}} \infty \frac{64}{9} - \frac{10}{9} \infty \frac{54}{9}\ ^{5)}$$

---

[1]) Il s'agit ici de calculer, d'après la règle de la Proposition citée dans la note 7 de la page précédente, le lieu du point qui, par rapport à la lentille D, correspond au point E vers lequel se dirigent, après leur réfraction par la lentille A, les rayons venant de l'objet placé en F. Or, on trouve $\frac{50}{9}$ pour la distance de ce point jusqu'au point E, c'est-à-dire $\frac{50}{9} - \frac{10}{9} = 4\frac{4}{9}$ pour celle à la lentille A.

[2]) Ici x représente la distance focale à calculer d'après la règle mentionnée dans la note 7 de la page précédente; mais lisez dans le numérateur $\frac{100}{81}$ au lieu de $\frac{10}{81}$, et consultez plutôt le calcul qui commence à la ligne qui suit.

[3]) Dans cette proportion p désigne la distance DE, c'est-à-dire la distance à la lentille D de l'image formée par la lentille A. De cette manière on trouve par la règle de la Prop. XX (p. 99) l'expression $\frac{pp}{p-x}$ pour la distance de l'image définitive au point E et, par conséquent, $\frac{pp}{p-x} - p$ pour sa distance à la lentille D où l'oeil du myope est placé pour lequel la distance de la vision distincte est supposée égale à 6 pouces.

§ 2 [6]).

2. Maj. 1684.

Ex Manuſc.° P. Gottignies [7]) S. J. quod Roma attulerat D. Guldeſtolp [8]) Sueciæ Legatus, mihique legendum dederat.

Hujus generis teleſcopia [9]), longe poſt Galilei tempora inventa illa ſunt quæ nunc adhibentur et habentur in prætio. Hujuſmodi teleſcopij conſtructio præ cæteris ſpecialem habet difficultatem a paucis admodum in hæc uſque tempora omni ex parte ſuperatam, et ego quidem nullum unquam offendere potui ante

[4]) C'est donc la grandeur cherchée du diamètre de la surface concave de la lentille D. Elle est obtenue en substituant $p = \frac{10}{9}$ dans l'expression pour x.

[5]) Vérification du résultat obtenu. Ajoutons que la cause de l'erreur d'Eschinardo, qui avait trouvé $\frac{16}{18}$ au lieu de $\frac{15}{16}$ pour le diamètre en question, ne peut être qu'une erreur de calcul. En effet, à la p. 255 de son ouvrage Eschinardo avait donné pour le calcul du diamètre de la surface courbe d'une lentille planconcave, quand les lieux de l'image et de l'objet sont connus, la règle suivante, dans laquelle nous avons changé les notations pour les adapter à celles de la Fig. 2: „Quod idem valet" (il s'agit de la règle pour calculer d'après les mêmes données le diamètre d'une lentille convexe) „pro inuenienda diametro lentis Cauæ... in quo solum advertendum est, vt paritur ibi aduertimus; quod quando lens caua, vt in casu præsenti, ponitur inter vitrum conuexum obiectiuum; & imaginem, seù Basim distinctam ab illo producendam: tunc dicta Imago censenda est loco obiecti, focus autem imaginarius, qui de nouo sit per lentem Cauam, censendus est loco foci, de quo hic agimus: quare hìc etiam valet, quod eadem proportio est inter totam distantiam Imaginis, seù Basis distinctæ E producendæ à vitro conuexo; distantiam in quam à lente planoconcaua D (quod deinde proportionaliter applicetur vtrimque concauæ, quæ videtur esse aptior), & sesquialteram distantiæ noui foci N," (pas marqué dans la figure) „qui producitur per lentem cauam D; quæ proportio est inter tertiam partem lineæ DE (dempta hinc prius diametro); & semidiametrum lentis cauæ".

Or, posant a pour la distance de la vision distincte du myope, p pour la distance DE, et x pour le diamètre de la surface concave, cette règle conduit à la proportion $p : \frac{3}{2}a = \frac{1}{3}(p - x) : \frac{1}{2}x$, ce qui donne $x = \frac{ap}{p+a} = \frac{6p}{p+6}$, conforme au résultat trouvé par Huygens.

[6]) La pièce est empruntée à la p. 193 du Manuscrit F.

[7]) Voir sur le père G. F. de Gottigniez la note 1, p. 472 du T. II et sur ses ouvrages les notes 5, p. 194, 1, p. 239 et 1, p. 252 du T. V.

[8]) Nils Gyldenstolpe, comte de Noor, baron de Segerstad, seigneur de Jackula, Lidingenäs et Atta, fils de Michaël Wexonius Gyldenstorpe, naquit à Abo le 5 novembre 1648. En 1669 il entra dans le corps diplomatique et joua un rôle important dans les relations entre la Suède et la Hollande en préparant les traités conclus en 1674 et en 1686. Plus tard il fut nommé Chancelier de la Cour de Suède et Plénipotentiaire du Roi. Il mourut le 4 mai 1709.

[9]) C'est-à-dire les télescopes à deux verres convexes.

annum hujus fæculi fexagefimum fabricatum in quo nihil eorum deeffet quæ in telefcopijs æftimantur.

N.B. me anno 1659 in Syftemate Saturnio meo docuiffe ufum diaphragmatis quod vocant, in foco ocularis lentis ponendi, abfque quo colorum vitio hæc telefcopia carere non poterant [1]).

fcribit Thelefcopia. et tamen a τέλος finis et σκοπέω compofitam vocem putat. cum fit a τῆλε, procul.

de apertura lentis objectivæ nihil certi definit fed experiendo vult eam inveftigari, et mutari pro luce et fplendore rei vifæ.

§ 3 [2]).

[1692.]

Ex Dioptrica nova Guilielmi Molyneux. Edita 1692 [3]).

Conceffio approbatoris eft a.i 1690 [4]). item dedicatio 1690. 17 apr. [5]) item monitum ad Lectorem [6]).

Egregia eft dedicatio ubi fcolaftica ac barbara philofophia exagitatur. nova experimentalis laudatur [7]).

---

[1]) Voir les p. 82—84 de l'édition originale de l'ouvrage cité dans la note 2, p. 441 du T. II. Consultez d'ailleurs sur ce diaphragme les pp. 259 (note 2) et 473.

[2]) La pièce se trouve écrite sur une feuille séparée de quatre pages. Elle date probablement de mars ou d'avril 1692 quand Huygens venait d'emprunter la „Dioptrica nova" à Steigerthal; voir les pp. 279 et 281 du T. X.

[3]) Voir sur cet ouvrage la note 11, p. 260 du T. X, et sur l'auteur la note 2, p. 528 du T. VIII.

[4]) On la trouve sur la page vis-à-vis du titre. Elle est rédigée ainsi: „I think this Book fit to be Printed. John Hoskyns. V. P. R. S. June the 4th. 1690".

[5]) C'est-à-dire la dédicace „To the Illustrious The Royal Society". Elle occupe 8 pages sans pagination.

[6]) L'„Admonition to the Reader" de trois pages sans pagination.

[7]) En effet, dans cette dédicace Molyneux attaque dans un style très vif „[the] sensless kind or Jargon, which they call'd Philosophy; and . . . studied with the greatest Labour and Assiduity, that they might attain the name of Wise and Learned. . . the greatest Cheat [that] was ever imposed on the mind of Man" pour le mettre en contraste „[to] that excellent Method of Experimental Philosophy, which now, by your [the Royal Society's] Example and Incouragement, does so universally prevail, and is so highly advanced all over Europe, and other Parts of the World".

Il demontre tout par l'hypothefe que l'angle de refraction eft $\frac{1}{3}$ de l'angle d'inclination a la perpendiculaire [8]).

Il n'a point mon theoreme du point correfpondant pour une furface feule. fcavoir qu'il y a 4 proportionelles [9]).

Il a le theoreme æquivalent au mien pour le point correfpondant dans un verre convexe [10]), mais ne le demontre que dans un planoconvexe [11]), et cela par les angles. pag. 42. il met 4 proportionelles.

Pour eftimer la multiplication il fe fert de bafis diftincta felon Gregorius [12]).

[8]) Molyneux reconnaît pleinement la loi des sinus; mais déjà dans l'„Admonition to the Reader" il avertit ainsi le lecteur: „Thus we shall find in what follows, that many Lines are supposed *equal*, which strictly taken are really not so; but yet are so very little different, that for all use, and ease of Demonstration, they may be taken as *equal*. Thus also we suppose very small *Angles* and their *Sines* to be proportional; which *precisely* is not so, but is to the smallest and most insensible Difference". Ensuite, à la p. 3 de son ouvrage, il adopte la proportion en question „as confirmed by *Kepler's* Experiments, and usually retain'd by most Optick Writers"; mais il ajoute: „These [Proportions]... we shall retain in the following Demonstrations, for the Ease and Plainness thereof. But in Calculation we shall observe the Proportion that follows in the 6th Experiment". Or, cette Sixième Expérience, qu'il fait suivre, repose sur une communication de Newton d'après laquelle: „from Air to Glass the Sine... of the Angle of Incidence... is to the Sine of the refracted Angle as 300 to 193 (or near, as 14 to 9)".

[9]) Il s'agit de la Prop. XII, Part. I, Liv. I, p. 41.

[10]) En vérité Molyneux distingue plusieurs cas différents d'après la situation du point donné, c'est-à-dire plus près ou plus éloigné de la lentille, ou de l'autre côté, que le foyer des rayons parallèles, et d'après la convexité ou la concavité de la lentille. Toutefois les règles qu'il donne dans les Prop. V (p. 42), VIII (p. 48), XIV (p. 63), XV (p. 66) et dans les Corollaires des pp. 50 et 68 sont si peu différentes qu'on peut les considérer comme une règle unique et générale, équivalente à celle de Huygens. En effet, dans la Prop. V, qui correspond au cas de la Fig. 57, p. 98 du Tome présent, cette règle est formulée ainsi: „As the Difference, between the Distance of the Object, and Focus: Is to the Focus, or Focal Length: : So the Distance of the Object from the Glass: To the Distance of the Respective Focus or Distinct Base from the Glass"; c'est-à-dire dans les notations de la figure mentionnée DO : : OC = DC : CP. Or, par la règle de Huygens, formulée dans la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99, on obtient la proportion équivalente DO : DC = DC : DP.

[11]) Voir la p. 55 de l'ouvrage de Molyneux, où l'on lit: „I have chosen a Plano-Convex Glass to demonstrate this Rule, which holds as true in double Convexes, but would in them be more difficult and intricate to demonstrate".

[12]) Il s'agit en premier lieu des Prop. XXXVII (p. 128), XL (p. 134), XLII (p. 137), XLVI (p. 148), XLVII (p. 150) et XLIX (p. 152) qui traitent le même sujet que les Prop. II, III, et IV, Part. I, Liv. II, p. 175—187 du Tome présent; c'est-à-dire le grossissement d'un objet vu distinctement ou confusément à travers une seule lentille. Ensuite dans la Prop. LIII (p. 161) („the great Proposition asserted by most Dioptrick Writers, but hitherto *proved* by none") Molyneux apprend à calculer le grossissement d'une lunette à deux verres convexes comme il suit: „The apparent Diametral Magnitude of an Object viewed through the Telescope of Prop. L. Is to the apparent Diametral Magnitude of the Object viewed by the naked Eye at the Station of the Object-Glass: : As the Focal length of the Object-Glass:

p. 155. Que la plus grande augmentation eſt quand un convexe eſt au milieu entre l'oeil et l'objet, il le prouve par un calcul. Et de meſme de la diminution du concave [1]).

de meniſcorum focis plures habet propoſitiones [2]). tandem etiam regulam univerſalem [3]), cujus ipſi longa et triplex demonſtratio [4]). Ponit ut ego craſſitudinem lentis velut nullam.

---

to the Focal length of the Eye-Glass." À cette occasion encore il se sert dans la démonstration de la „basis distincta" c'est-à-dire de l'image de l'objet dans le plan focal commun aux deux lentilles. En effet, il applique à cette image, considérée comme un objet que l'on voit à travers l'oculaire, un théorème pour l'exposition duquel il renvoie à la „Prop. L, Sec. 3 & 5" ou à la „Prop. XXXIV". En suivant la première de ces indications on arrive à un autre renvoi (à la Prop. XXXIII) qui renvoie à son tour à la Prop. 44 de l'Optica Promota de Gregory (voir la p. 58 de l'ouvrage de 1663 cité dans la note 6 de la p. 330 du T. IV). Cette proposition, qui ressemble à la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233 du Tome présent, se lit comme il suit: „Si cujuscunque visibilis, singulorum punctorum radii, ad parallelismum reducantur: oculo radios parallelos recipienti, semper videbitur visibilis imago, eodem angulo visorio, quo videtur visibile ex vertice incidentiæ lentis, vel speculi".

Ajoutons encore 1°. que la seconde indication, celle qui renvoie à la Prop. XXXIV de Molyneux, nous conduit à la démonstration d'un théorème semblable à celui de Gregory que nous venons de citer, 2°. qu'on ne rencontre nulle part dans l'ouvrage de Gregory l'expression „basis distincta".

[1]) Voir les p. 153—155 de l'ouvrage de Molyneux et comparez les Prop. VII et VIII, Part. I, Liv. II, pp. 207 et 219 du Tome présent.

[2]) Il s'agit des Prop. XIX (p. 83). „In a Meniscus, if both spherical Superficies have the same Diameter, the Ray that falls thereon Parallel to the Axis, after its second Refraction proceeds again Parallel"; XX (p. 84) „In a Meniscus, if the Semidiameter of the Concavity be triple the Semidiameter of the Convexity, the Focal Length is equal to the Semidiameter of the Concavity" et XXI (p. 86) „In a Meniscus, the Semidiameter of whose Convexity is triple the Semidiameter of the Concavity, the Virtual Focus is distant the Semidiameter of the Convexity".

[3]) Cette règle énoncée par Molyneux à la p. 83 est démontrée dans la Prop. XXII (p. 86—91). Elle est formulée ainsi: „As the difference of the Semidiameters: To either of the Semidiameters whether of the Convexity or Concavity : : So is the Diameter of the other Surface: To the Focus Real or Virtual"; comparez la règle identique formulée par Huygens dans le quatrième alinéa de la p. 89 du Tome présent.

[4]) C'est-à-dire pour les trois cas différents que Molyneux a cru nécessaire de distinguer.

[5]) Il s'agit des Prop. XXIV (p. 93) „An intire Glass-Sphere Unites the Parallel Rays at the Distance almost of half its Semidiameter behind it" and XXV (p. 94) „A Glass Hemisphere Unites the Parallel Rays at the Distance of a Diameter and one third of a Semidiameter from the Pole of the Glass"; comparez, quant à la première de ces propositions, la Prop. XIII, Part. I, Liv. I, p. 79 du Tome présent.

[6]) Il s'agit ici de la distance du foyer de l'hémisphère de verre à sa surface plane, laquelle distance (qu'on doit distinguer de celle du foyer au pôle, mentionnée dans la Prop. XXV citée dans la note précédente) est, en effet, trouvée par Molyneux (p. 94) comme étant égale à „a Semidiameter and one third of a Semidiameter".

[7]) Voir les dernières phrases de la note 8 de la p. 827.

Focum ſphæræ vitræ, ut et hemiſpheræ docet theorematibus [5]). in hoc diſtare ait ſemidiametro et $\frac{1}{3}$ ſemidiametri [6]). quidni $\frac{2}{3}$ diametri? omnia per angulum refractionis $\infty \frac{1}{3}$ anguli inclinationis, (nempe cum perpendiculari).

Proportionem Newtoni. refractionis vitri ait eſſe ut 300 ad 193 [7]). Ego pono 3 ad 2 [8]). ſed ſciendum eſt in varijs vitri generibus aliam atque aliam eſſe [9]), unde teleſcopiæ lentis majoris foci diſtantias majores multo inveni ex vitro albo quam in magis excocto et obſcuriori licet in eodem cavo formatis.

Per binas lentes locum diſtinctæ basis (ut vocat) invenit [10]). Ponit ſolutionem Flamſtedij [11]). Oculum et videndi rationem exponit p. 103 [12]). Utrum immutatione convexi chryſtallini, an mutata diſtantia an utroque aptentur oculi ad diverſas rei viſæ diſtantias dubitat et non definit [13]). Cur inverſâ in oculum picturâ tamen recta videamus bene declarat [14]). Mariottum pro choroide allegat, ſed nihil referre ait [15]); rectè.

---

[8]) Voir la p. 13 du Tome présent.

[9]) Comparez l'Appendice III au Liv. I, Part. I, p. 154.

[10]) Voir les Prop. XVI, p. 69, XVII, p. 74, et XVIII, p. 75, où Molyneux apprend à calculer, en distinguant plusieurs cas différents, le lieu de l'image („Distinct Base") d'un objet, situé quasi à l'infini, qui se forme après la réfraction par deux verres convexes, ou par un verre convexe et un concave. Le premier cas qu'il considère est celui de deux convexes où l'oculaire est placé à une distance de l'objectif inférieure à la distance focale du dernier, à propos duquel cas il ajoute: „This Problem is of considerable Use in Dioptricks, being the Foundation of an excellent sort of Telescope much used in *England* for the Night".

[11]) On trouve des solutions de Flamsteed des mêmes problêmes aux pp. 71—73 et 77—81 de l'ouvrage de Molyneux. Les règles auxquels il arrive sont identiques avec celles de Molyneux. Voici p. e. celle formulée pour le cas mentionné spécialement dans la note précédente: „As the longer Focus — the Glasses Distance + the shorter Focus: To the longer Focus — the Glasses Distance: : So the shorter Focus: To the Distance of the Distinct Base from the inward Glass.

[12]) Voir la „Prop. XXVIII. The manner of Plain Vision with the naked Eye is expounded".

[13]) Voir la p. 104 où l'on lit: „But whether this variety of Conformation consist in the Crystallines approaching nigher to. or removing farther from the *Retina*; Or in the Crystallines assuming a different Convexity, sometimes greater, sometimes less, according as is requisite, I leave to the scrutiny of others, and particularly of the curious Anatomist. This only I can say, that either of these Methods will serve to explain the various Phænomena of the Eye; And I am apt to believe, that both these may attend each other, *viz.* a Less Convex Crystalline requires an Elongation of the Eye, and a more Convex Crystalline requires a shortning thereof.; As a more Flat Convex Object-Glass or of a Larger Sphere requires a Longer Tube, and one more Protuberant, bulging or of a Smaller Sphere requires a shorter Tube". Comparez les pp. 133, 789 et 794 du Tome présent où Huygens a exposé ses idées sur l'accommodation.

[14]) Voir les p. 105—106 de l'ouvrage de Molyneux et la p. 745 du Tome présent.

[15]) „I know likewise, that by a curious Experiment in Opticks discover'd by an Ingenious

In oculis myopum et πρεσβυτων refractionis vitium ſingulis figuris explicat [1]). De loco imaginis multis inquirit [2]) et hærere ſe fatetur itidem ut Barrovius in difficultate eadem. p. 119 [3]). quia nempe etiam uno oculo diſtantiam eſtimari vult. Viſibilem aream rei viſæ ubique inquirit [4]), quod vix operæ pretium.

French-Man Monsieur *Mariotte*, 'tis controverted, whether the *Retina* or *Choroide* be the Seat of Vision, or the Place on which the Pictures of outward Objects are expressed (*vid. Philosoph. Transact.* Num. 35 and 59). But to our business it matters not which of them we pitch on; and therefore I chuse to speak as commonly 'tis presumed; and mention the *Retina*, or rather the *Fund of the Eye*, as the Place that receives this Picture" (p. 107). Comparez la p. 795 du Tome présent. Dans le premier des numéro's cités des Phil. Trans. (p. 668—671 de celui du 18 mai 1668) on trouve le résumé de deux lettres (mentionnées dans la note 8, p. 8 du T. VII), qui furent échangées entre Mariotte et Pecquet, dans la première desquelles Mariotte expose sa découverte du punctum cæcum et la conclusion qu'il en tire que probablement ce n'est pas la rétine, mais plutôt la choroïde, qui est le siège de la vision. De même le second numéro cité, qui est du 23 mai 1670, contient aux p. 1023—1042 la traduction anglaise d'une nouvelle lettre de Mariotte à Pecquet (celle mentionnée en troisième lieu dans la note citée), dans laquelle il persiste dans son opinion sur le rôle de la choroïde dans la vision.

[1]) Voir la p. 108 et les Fig. 2 et 3 de la Table 25 de l'ouvrage de Molyneux.

[2]) Il s'en occupe aux p. 113—121 à propos de la „Prop. XXXI. Concerning the Apparent Place of Objects seen through Convex-glasses". Dans ces pages, après avoir remarqué qu' ordinairement l'évaluation de la distance des objets proches se fait avec les deux yeux, il se rallie entièrement à l'opinion de Barrow que l'évaluation avec un seul oeil devient possible dès que le diamètre de la pupille a une grandeur sensible par rapport à la distance de l'objet. Ensuite il revient au même sujet dans la „Prop. XLV. Concerning the Apparent Place of Objects seen through Concave Glasses" (p. 147).

[3]) Consultez sur cette difficulté les pp. 775 et 779 et surtout les notes 25 et 10 de ces pages. En suivant la théorie de Barrow, Molyneux identifie le lieu où l'observateur place un objet vu à travers une lentille convexe avec le lieu de la „Distinct base", c'est-à-dire de l'image virtuelle ou réelle de l'objet, mais alors, dans le cas où l'oeil se trouve entre la lentille et cette „Distinct base", il se heurte à la difficulté en question et il poursuit: „In this. . . . lies the great Difficulty, which the *Incomparable* and *most profoundly Learned* Barrow. . . confessedly passes over as insuperable, and not to be explained by whatever Theories we have yet of vision". Ensuite, après avoir décrit, à l'exemple de Barrow, ce que l'oeil observe dans ce cas, il fait suivre à la p. 119, citée dans le texte: „All which (continues the candid Barrow) seems repugnant, or at least not so well to agree to what we have laid down. And so he leaves this Difficulty to the solution of others, which I (after so great an Example) shall do likewise; but with the resolution of the same admirable Author, of not quitting the *evident* Doctrine, which we have before laid down, for determining the *Locus Objecti*, on the account of being pressed by *one Difficulty*, which seems inexplicable, till a more intimate Knowledg of the *Visive Faculty* be obtained by Mortals. In the mean time, I propose it to the consideration of the ingenious, whether the *Locus apparens* of an Object placed as in this 9th Section, be not as much *before* the Eye, as the Distinct Base is *behind* the Eye".

[4]) Molyneux s'occupe de ce sujet dans les Prop. XXXIV (p. 125), XXXV (p. 126), XXXVII (p. 128), XL (p. 134), XLII (p. 137). XLVI (p. 148) et XLVIII (p. 151). Dans toutes ces propositions il ne s'agit que de la détermination de la partie visible d'un objet vu à travers

augmentum unius convexi non exhibet Theoremate, sed ex Gregorio [5]), et tantum invenire docet.

aliquid de inflexis rectis per lentem convexam visis p. 137 [6]).

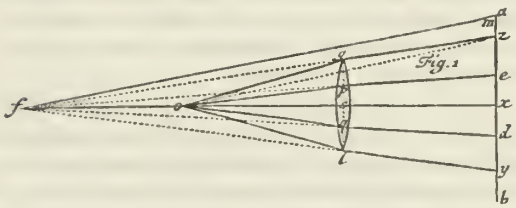
Locum apparentem dicit esse in foco objectivæ in telescopio ex 2 convexis [7]). probat male quia filum ibi positum apparet inherere rei visæ. Respondeo, utrumque distincte ibi cerni, sed non ideo ibi apparet objectum. Tamen recté secundum illos, quia uno oculo estimaret distantiam.

---

une seule lentille convexe ou concave, le lieu de l'oeil et de l'objet étant donné. Ensuite, à la Prop. LIV (p. 168), il traite la lunette à deux verres convexes et arrive à la règle suivante: „as the Distance between the Object-Glass and Eye-Glass: To half the Breadth of the Eye--Glass: : So Radius: To the Tangent of half the Angle received". De même, dans la Prop. LVI, il traite (p. 174) le champ de vision de la lunette à quatre verres convexes (celle décrite par Huygens dans la Prop. V, Part. III, p. 469). Enfin, dans la Prop. LVII, il explique à la p. 178 comment le champ de vision de la lunette à lentille oculaire concave peut dépendre de la largeur de la pupille; comparez la Prop. II, Part. III, p. 451—453 du Tome présent.

5) Il s'agit des Prop. XXXIII (p. 122), XXXIV (p. 125), XXXVII (p. 128), XL (p. 134) et XLII (p. 137), qui traitent les mêmes questions résolues par Huygens dans les Prop. II et III, Part. I, Liv. II (p. 175—183). Il est vrai que les Prop. XXXIII, XXXVII, XL et XLII contiennent aux pp. 123, 129, 135 et 139 des renvois à l'Optica Promota de Gregory; toutefois il paraît que le but de ces renvois est plutôt d'indiquer les théorèmes correspondants de Gregory que de servir dans les démonstrations; puisque les raisonnements de Molyneux nous semblent donner des indications qui suffisent pour ses démonstrations.

6) Voici le passage en question: „And we shall find by Calculation (as indeed 'tis evident by the very Inspection of the Schemes) that the Collateral parts *ze*, *dy*, of the Object *zy*, are much more magnified (in respect of their Natural Appearances) by Broad Glasses formed on small Spheres, than the Middle Parts *ex*, *dx*, for the Angle *gop* is the Optick-Angle, through the Glass, of the Part *ze*; and the Angle *pos* is the Optick--Angle, through the Glass, of the part *ex*; but the former exceeds the Natural Optick--Angle much more than the latter... From hence it is, that by Broad Glasses formed on small Spheres, the extreme Parts of *strait* Objects, seem to be *incurved* and *bent*; as is manifest in the Case of the *Micrometer*, or lattice of fine Hairs, strained before the Eye Glass in a Telescope, for Measuring the Diameter of Objects. As *Pere Cherubin* complains in his *Dioptrique Oculair*" [l'ouvrage cité dans la note 1, p. 456 du T. VII] „*Part.* III. *Sec.* 7. *Chap.* I. *pag.* 239. but understood not the reason. Of this we may make Experiment, by looking with a very Convex Glass at two Parallel Lines drawn pretty close on a Paper".



On remarquera que l'explication de Molyneux, où l'aberration sphérique n'entre pas, n'est nullement satisfaisante, puisqu'elle aurait dû le conduire à la conclusion contraire à celle qu'il énonce, c'est à-dire, que les parties les plus éloignées de l'axe seraient moins agrandies que les autres.

Consultez à propos des idées de Huygens sur la déformation des images la note 20 de la p. 771.

7) Voici le „Scholium" en question (p. 159—160): „The *Locus Apparens* of an Object through

Prop. 53. p. 161. amplificationem telefcopij ex duobus convexis, theorematice ponit ut ego [1]), et me allegat ex Syftemate Saturnio [2]). The learned and ingenious monfieur Hugens &c. But hitherto we are fo unhappy as to want that excellent Perfons dioptrics.

dicit hanc a plerifque dioptr. authoribufque affirmari, non probari. allegat Cherubin. part. 2. prop. 21. 59. 60. 62 [3]). Cepleri diopt. prop. 124 [4]). Galil. nunt. Syder [5]). quos vide. puto neminem ante me hoc vidiffe.

Hon. Fabri in Synopfi dioptr. [6]) demonftrationem improbat quæ prop. 44 et 45 [7]).

---

this Glass" [l'oculaire d'une lunette à deux verres convexes] „is the Distinct Base" [l'image formée par l'objectif] „as is manifest from this Experiment. Stretch an Hair exactly in this Distinct Base, it shall appear as it were fixt to the very Object".

[1]) Voir la note 12, p. 827, et quant au traitement de la même question par Huygens la Prop. III, Part. III, p. 455.

[2]) Voici, en entier, le passage en question tel que Molyneux l'a publié à la p. 168 de son ouvrage dans un „Scholium" ajouté à la Prop. LIII qui traite le grossissement de la lunette à deux verres convexes: „From hence it is manifest, how requisite it is in relating any *Phænomena* observed by the Telescope (or even by the Microscope) to mention not only the length of the Tube in general; But to specifie the particular Focus of the Eye-Glass, as well as of the Object-Glass; as also the Aperture of the Object-Glass. For by this means, they that intend to observe the same *Phænomena*, may understand how to adapt their Telescopes proper for the Observation. This the *Learned and Ingenious Monsieur* Hugens *in his* Systema Saturnium *puts down exactly*, pag. 4. Where also we find this passage. *Illud in Dioptricis Nostris Demonstratum invenietur, Speciei per Tubum visæ ad eam quæ Nudo Oculo percipitur, hanc secundum Diametrum esse rationem, quæ Distantiæ Foci in Exteriori vitro (Objectivo Scilicet) ad illam quæ in Interiori sive Oculari vitro est Foci Distantiam.* But hitherto we are so unhappy as to want that excellent Persons Dioptricks. In the mean time, let that which I have given in the foregoing *Prop.* LIII. serve till a better be offered.

[3]) Il s'agit de l'ouvrage de 1671, cité dans la note 1 de la p. 456 du T. VII. Voici les Prop. mentionnées: **21.** Plusieurs verres convexes, estants successivement assemblez avec un mesme verre concave; celuy de plus grande sphere, représentera les objets plus grands, avec ce mesme verre concave. **59.** Connoistre la proportion, qui se trouve entre deux verres; de l'Oculaire Dioptrique. **60.** Connoistre, par l'habitude reciproque, des verres; de deux, ou de plusieurs Oculaires Dioptriques; la proportion de leurs effets; et l'augmentation, de l'espece de l'obiet. **62.** Connoistre de combien, l'oculaire dioptrique de quelconque espece; augmente la representation de l'effet".

Ajoutons que la règle exacte est donnée sans démonstration proprement dite dans un Corollaire qui appartient à la Prop. 60. La Prop. 62 traite seulement la manière de déterminer expérimentalement le grossissement à l'aide d'une règle de bois divisée qu'on regarde à la fois par la lunette et par l'oeil nu.

[4]) Cette Prop. 124 „Magnitudinem ampliatæ speciei artificiosè æstimare" se trouve à la p. 66 de l'ouvrage de 1611, cité dans la note 5, p. 6 du T. I. Elle a la même portée que la Prop. 62 de Cherubin, mentionnée dans la note précédente.

[5]) Il s'agit du passage suivant: „Vt autem de multiplicatione instrumenti quilibet paruo negotio certior reddatur, circulos binos, aut quadrata bina chartacea contornabit, quorum alterum quatercenties altero maius existat, id autem erit tunc, cum maioris diameter, ad diametrum alterius longitudine fuerit vigecupla; deinde superficies ambas in eodem pariete infixas simul

p. 171. Tabulam aperturarum dat ex mente Auzotij, qui ſubduplicatam rationem eſſe ponit diametrorum aperturæ, ad rationem longitudinum ſeu foci diſtantiarum; *experimento ut puto doctus*, quum nos id demonſtremus poſita radij diffuſione Newtoniana [8]).

Imo Auzotium promittere ait [9]) demonſtrationem, in dioptricis suis. et citat Philos. Trans N. 4, P. 55 [10]). ubi ipſius Tabella aperturarum. Sed illo tempore nondum cognita erat diffuſio radij Newtoniana. ex qua pendet hæc demonſtratio. Ergo eam non habuit Auzotius. Dicit debuiſſe docere Auzotium an Lunæ an Jovi, Veneri, &c. ſpectandæ tales aperturæ convenirent [11]). quod tamen ſubduplicatam iſtam rationem non evertit.

diſtinguit optimas, bonas, ordinarias lentes [12]). In longitudine 6 pedum ponit in his diametros aperturæ 1 poll. 7 lin.: 1 poll. 5 lin.: 1 poll. 2 lin. In long. 100 ped. 6 poll. 8 lin.: 5 poll. 9 lin.: 4 pol. 10 lin. in longitudine 300 pedum. 11.6 : : 10.0 : 8.5. In longit. 200 ped. 9.6 : 8.0 : 6.9 [13]). nihil habet de diaphragmate [14]).

Prop. 56. p. 172. Explicat teleſcopium cum 3 convexis ocularibus æqualibus [15]) ſatis bene in magno ſchemate, quia in unum confert quæ nos duobus dividimus.

à longe spectabit, minorem quidem altero oculo ad Perspicillum admoto, maiorem verò altero oculo libero; commodè enim id fieri licet uno eodemque tempore oculis ambobus adapertis; tunc enim figuræ ambæ eiusdem apparebunt magnitudinis, si Organum secundum optatam proportionem obiecta multiplicauerit".

6) Voir sur cet ouvrage la note 5 de la p. 445 du T. VIII.

7) Sur ces propositions Molyneux s'exprime comme il suit: „*Honoratus Faber* in his *Synopsis Optica Prop.* XLIV, for the Telescope consisting of a Convex Object Glass and Concave Eye-Glass; and in *Prop.* XLV. for the Telescope consisting of a Convex Object-Glas and Convex Eye-Glass, indeavours at something, which he calls a *Demonstration* of this Property. But whether that which he there offers will amount to clear Satisfaction, I leave to their Judgments, who shall Read him".

8) Voir les p. 487—495 du Tome présent.

9) Voir la p. 170 de l'ouvrage de Molyneux.

10) Voir dans les Phil. Trans. du 5 juin 1665 l'article: „Monsieur Auzout's Judgment touching the Apertures of Object-Glasses, and their Proportions, in respect of the several Lengths of Telescopes". D'après cet article Auzout promit d'exposer la raison de cette proportion dans sa Dioptrique, qu'il était occupé à écrire et qu'il finirait aussitôt que sa santé le lui permettrait. Cette Dioptrique n'a jamais paru.

11) En effet, Molyneux fait suivre (p. 170): „But this Ingenious Person" [Auzout] „should have told us, when he speaks of the Apertures of Glasses, whether he designs them for Objects on the Earth or in the Heavens. And if in this latter, whether for the *Moon*, *Mars*, *Jupiter*, or *Venus*. For each of these Objects will require a different Aperture of the same Glass. Because the strength of their Light is different. For to view Venus there is requisite a much smaller Aperture than to view the *Moon*, *Saturn* or *Jupiter*". Comparez sur cette question les p. 505—511 du Tome présent.

12) C'est-à-dire à l'exemple d'Auzout dont la table des ouvertures est reproduite par Molyneux sans changement.

13) Comparez la table de la p. 499 où Huygens recommande p. e. une ouverture de 7,75 pouces pour une longueur de 200 pieds.

14) Comparez les pp. 473, 774 et 826.

15) Il s'agit du télescope décrit dans la Prop. V, Part. III, p. 469 du Tome présent.

Prop. 57. p. 176. Explicat telefcopium ex convexo et cavo, per bazin diftinctam [1]) Gregorij (quem vide) quæ hic non tam bene adhibetur quam in 2bus convexis. Etiam aream vifam ex pupillæ amplitudine pendere notat [2]).

Unico folio explicat microfcopia [3]); dein Laternam magicam [4]).

Parte 2da. Leibnitij principium in Opticis, quo vult probare leges reflexionis et refractionis [5]), poft Fermatium tamen [6]). Nempe naturam agere via breviffima quod non admodum appofite hic adhibetur, cum nos multo meliores rationes adduxerimus in Libro de Luce. et phenomenon Fermatij demonftremus [7]). quid dicerent de refracto perpendiculari radio in Cryftallo Iflandico [8]). Author non vidit puto noftrum de luce.

Cur in convexis fpeculis non item breviffimam viam affectat natura? [9])

p. 196. Caufas refractionis inveftigat fecundum Barrovium [10]), fingendo radium lucis velut parallelogrammum. fed fruftra. fic et Magnanus [11]) fere.

p. 198. Lucem vult probare effe corpus [12]). potius dixiffet effe motum corporis

---

[1]) Voir sur cette expression la note 12 de la p. 827.

[2]) Comparez la Prop. II, Part. III, p. 451 du Tome présent.

[3]) C'est-à-dire dans une feuille de deux pages. Voir la „Prop. LVIII. The double Microscope composed of a Convex Object Glass, and Convex Eye-Glass is Explained", p. 181—182 de l'ouvrage de Molyneux.

[4]) Voir la „Prop. LIX. The Explication of the Magick Lantern, sometimes called Lanterna Megalographica", p. 183—184 de son ouvrage.

[5]) Dès le début de cette seconde Partie le principe en question, que la lumière suit la voie la plus facile, est introduit en traduisant une partie de l'article de Leibniz, que nous avons cité dans la note 12, p. 602 du T. X.

[6]) Voir les p. 75—82 du T. IV. D'ailleurs Molyneux lui-même mentionne Fermat à la p. 196 de son ouvrage comme l'auteur „d'une longue démonstration" du même principe.

[7]) Voir les p. 32—41 de l'édition originale du „Traité de la lumiere".

[8]) Voir le Chap. V. „De l'estrange refraction du cristal d'Islande", p. 48—101 de l'ouvrage cité dans la note précédente.

[9]) Lisez concaves, puisque le cas où le chemin suivi est un maximum au lieu d'un minimum ne peut se présenter que chez un miroir concave. Molyneux s'était borné au cas du miroir plan.

[10]) En effet, le passage en question constitue une traduction presque littérale des considérations peu précises exposées par Barrow dans la „Lectio II", p. 14—15 des „Lectiones opticæ", où il considère les différentes parties d'un rayon de lumière comme excerçant les unes sur les autres des forces élastiques par lesquelles celles qui sont déjà entrées dans le milieu le plus dense forceraient les autres à changer la direction de leur route.

[11]) Il s'agit probablement de l'ouvrage de 1673 cité dans la note 8 de la p. 195 du T. II.

[12]) „And thus much concerning *Refraction*. The consideration whereof does naturally suggest unto us, that *Light is a Body*. For however the Antient *Aristotelians* defined it, *Actus perspicui quatenus perspicuum*, which is perfectly unintelligible; yet so much we may perceive hereby, that they designed to exclude it from all *Corporeal Notion*. But the various Properties

choroidem afficientem. ficut fonus non eft corpus fed motus æris feu fucculionem, in aures agentem.

Romeri obfervationem de lucis celeritate refert, et a Flamftedio et Halleio probari dicit [13]).

Ut bene centrentur lentes objectivæ aliqua adfert [14]), fed meam rationem non attingit.

p. 232 [15]). de dirigendis telefcopijs in cælum, noftram quoque Aftrofcopiam compendiariam allegat, et a.° 1685 vidiffe ait Hagæ in horto noftro, quæ effet ratio inventi. The defervedly celebrated monf.r Hugens, one of the chief mathematick Luminairies of the prefent age &c. [16]) Addit fe eodem tempore vidiffe Machinam meam Planetariam, or moving Ephemeris [17]) a machine that cannot be fufficiently admired.

p. 226. Hookij inventum refert parandis longis lentibus ex datis brevioribusque inter binos orbes vitreos alterum utrinque planum alterum planoconvexum interpofita aqua vel alio liquore pellucido, conjungit, ut convexa fuperficies fit

of Light, that do necessarily belong to a Body, are so many and evident, that they leave no room for any farther doubt in this matter. I shall mention but a few. And first, by this *Affection* of being *refracted*, 'tis manifest that Light in its passage through this and t'other Diaphanous Body does find a *different Resistance*.... The second Property, that confirms Light to be a *Body*.... moved or thrust forward, is, That it requires *time* to pass from one place to another... . A third proof.... is, That it cannot by any Art or Contrivance whatever be *increased* or *diminished*; that is to say, we cannot magnifie (for instance) the Light of the Sun or a Candle, no more than we can magnifie a Cubick Inch of Gold, or make it *more* than a Cubick Inch...".

[13]) Après avoir mentionné la démonstration de Römer sur la vitesse finie de la lumière et la remarque à ce sujet de Newton dans ses „Principia, Lib. I, Schol. Prop. 96", Molyneux fait suivre (p. 199): „For a conformation of all which I appeal to the Labours of the Ingenious Mr. *Flamsteed* and Mr. *Halley*, to whom the Learned World is for ever obliged by their Advancements of Astronomy".

[14]) Molyneux consacre à ce sujet les p. 218—222 du „Chap. IV. Of Mechanick-Dioptricks".

[15]) Lisez: „223".

[16]) Voici le passage en entier: „The deservedly Celebrated Mons. *Hugens*, one of the chief Mathematick Luminaries of the present Age, has publish'd a small Tract, *Astroscopia Compendiaria*, designed only for Describing his way of Managing great Glasses with very little trouble, and without a Tube. This I am sure is no barren Speculation of the Ingenious Author's, but successfully practised by him; as I can gratefully testifie, having had the favour of being shewn the whole Contrivance by the Excellent Author himself in his Garden at the *Hague*, Ann. 1685. at which time I had the happiness also of seeing his *Planetary Clock*, or *Moving Ephemeris*, a Machine that cannot be sufficiently admired". On peut comparer la relation (p. 528—531 du T. VIII) d'une visite rendue en 1684 à Huygens par Thomas Molyneux, frère de l'auteur de la „Dioptrica nova". En juin 1685 ce dernier visita lui-même son frère Thomas qui alors étudiait la médecine à Leiden et c'est sans doute à cette occasion qu'eut lieu l'entrevue entre William Molyneux et Huygens dont il est question ici.

[17]) Voir la description de cet instrument dans l'ouvrage de Huygens cité dans la note 5, p. 343 du T. VIII.

interior. Il doute s'il pourroit fucceder, parce qu'on ne l'a pas encore pratiquè [1]). Sed *alia ratio reddi poffet*, uti et de menifco.

Si hoc modo producere vellet foci diftantiam, etiam tanto perfectior lens effe deberet, imo et superficies iftæ utrinque planæ lentis. Ergo multo facilius unam lentem convexam longioris foci diftantiæ fabricare, ut omittam tot fupervacuas reflexiones.

De micrometri inventore agit [2]). cujus non advertit me fundamentum jeciffe in Syftemate faturnio [3]). la Hire præftare ait lamellam in foco objectam ad metiendas diftantias [4]).

---

[1]) Molyneux, après avoir cité l'article de Hooke „A method by which a Glass of small Plano--convex Sphere may be made to refract the Rayes of light to a Focus of a far greater distance than is usual" (Phil. Trans. du 7 mai 1666, p. 202—203), continue comme il suit: „This, I must confess is an ingenious Hint: But I doubt the desired Effect will not be so successfully attained thereby, so as so constitute an Object-Glass for a Telescope. For certainly, were it effectual; 'tis so easie and withal so useful, that before this time it would have obtained, and been practised *universally*. And this makes me question, whether it would be of any better effect, than a *Meniscus-Glass*, or a Combined Glass of *Prop.* XVII. Part. I" (c'est-à-dire la combinaison d'un verre convexe avec un planconcave de plus grande distance focale, placé à quelque distance de l'autre).

[2]) Voir les p. 246—247, où l'on lit: „The next Telescopick Instrument which I shall explain, is the *Micrometer*. Concerning the *Invention* of the Ingenious Instrument, I have only this to say, That for the Honour thereof, there are several Competitors: Mons. *Petit*, Surveyor of the Fortifications in *France*, was the first that published to the World the rough Draught hereof, 12 *Mar.* 1667. *Vid. Journal des Scavans*, 16. *May* 1667. After him Mons. *Auzout*, another Ingenious *Frenchman*, publish'd a Tract concerning the exact Mensuration of the Planets Diameters, wherein he seems to challenge the Invention of this Instrument to himself and Mons *Picard*, *Journ. des Scavans*, 28 *Juin.* 1667. and *Philosoph. Transact. Num.* 21. *pag.* 373. But last of all a Candid *Englishman* of our own, Mr. *Rich. Townley*, does vindicate the first Contrivance hereof to its *true* and *original Author*, Mr. *Gascoigne* an *English* Gentleman, who was kill'd in King *Charles I.* Service, *Vid. Philosoph. Transact. Num.* 25. *pag.* 457. wherin Mr. *Townley* (who is of Undoubted Credit) asserts, that Mr. *Gascoigne* made and used this Instrument before the Civil Wars in *England*: And that Mr. *Townley* had then in his Custody two or three of these Instruments first devised by Mr. *Gascoigne;* to which Mr. *Townley* himself had added some considerable Improvements. All which, with the exact Fabrick, and fitting of the Body of the Instrument to a Telescope, we shall find accurately discribed in *Num.* 29. p. 541. *Philosoph. Transact.* to which I shall therefore refer the Reader....".

[3]) Voir la note 11, p. 63 du T. VI.

[4]) Consultez sur ce procédé la p. 843 qui suit. Mais ajoutons que, ni dans le résumé de l'invention du micromètre que nous venons de citer dans la note 2 qui précède, ni ailleurs dans l'ouvrage de Molyneux, le nom de la Hire est mentionné à ce propos. Probablement il s'agit d'une inadvertance de Huygens écrivant „la Hire" au lieu d'„Auzout".

[5]) Voir la p. 255 de l'ouvrage de Molyneux, où l'on lit: „The *Italian* Dictionary, *de la Crusca*, on the Word *Occhiale*, makes this remark, That *Frier Jordan de Rivalto*, who dyed at *Pisa*, *An.* 1311. in a Book of Sermons which he writ *An.* 1305. tells his Auditory in one of them, that it is not Twenty years since the Art of making *Spectacles* was found out, and is indeed one of the best and most necessary Inventions in the World".

Cap. 6. p. 251, multa memorabilia adfert de inventore ocularium primo qui ignoratur ſed extitiſſe videtur paulo poſt annum 1285. allegat Dictionarium della Cruſca in voce Occhiale [5]). Ubi de concione fr. Jordani de rivalto &c. item alios 2 vel 3 [6]). Putat inter monachos primum innotuiſſe [7]).

Teleſcopij inventum primum ad Baconum anglum [8]) qui anno 1292 obijt pro-

---

[6]) On lit encore à la p. 254 „But however we may doubt of *Spectacles* being so ancient as 1150. We may be certain that about the Thirteenth Century, they were commonly known and used. For (beside what we shall say hereafter of our Country-man *Frier Bacon*) the most learned Mon. *Spon* in his *Recherches Curieuses D'Antiquitè*, *Dissert.* 16. inserts a Letter of Signior *Redi* to *Paulus Falconerius*, concerning the Time when *Spectacles* were invented; and this he fixes between 1280 and 1311. from the Testimony of a Manuscript Chronicle in Latin, in the Library of the *Friers Preachers* of *St. Katherine* at *Pisa*, Fol. 16. Wherein it is said, that *Frater Alexander de Spina*, *Vir Modestus & bonus*, *quecunque vidit aut audivit facta*, *scivit & facere. Ocularia ab aliquo* primo *facta*, *& communicare nolente*, *ipse fecit & communicavit corde hilari & volente.* And this *Alexander de Spina* was a Native of *Pisa*, and dyed there, *An.* 1313".

Après cela Molyneux fait suivre: „Signior *Redi* has in his Library a Manuscript written *An.* 1299. *Di Governo della Famiglia de Scandro di Pipozzo.* In which there is this Passage; *Mi truovo cosi Gravoso di Anni che non arei Valenza Di Leggere e Scrivere senza Vetri appellati Okiali*, *Truovati novellamente per Commodità delli Pouveri Veki*, *quando affiebolano del Vedere*".

Enfin on lit à la p. 255: „About the same time *viz.* 1305. *Bernard Gordon* a famous Physician of *Montpelier*, in his *Lilium Medicinæ*, thus commends a certain *Eye-Salve: Et est tantæ Virtutis*, *quod decrepitum faceret legere Literas minutas absque Ocularibus.* And *An.* 1363. *Guido de Chauliac*, in his Book entituled *Grand Chirurgery*, after proposing several *Collyria*, saith; If these or the like will not do, you must make use of *Spectacles*".

[7]) „'Tis true indeed, if we credit the forementioned Chronicle" [voir la note 6] „of the Convent at *Pisa*, Frier *Spina* makes as fair a Challenge to the Invention, as the first Author, who refused to communicate it. But I am apt to believe, That, whoever this close Man was that would not impart to *Spina*, He was a Frier; and that these Monkish Men, and *Jordan* amongst the rest, had this Invention whispered amongst themselves, before it was publick; and that they all had the *First Hint* thereof from our Country-Man *Frier Roger Bacon*". Après quoi Molyneux expose les raisons qui lui font croire que le frère Bacon connaissait non seulement l'effet des verres convexes et concaves mais aussi de leurs combinaisons dans la composition des télescopes.

[8]) Roger Bacon, le moine franciscain à qui l'on avait donné le surnom de „doctor admirabilis", naquit vers 1214 à Ilchester ou près de cette ville. Après avoir étudié à Oxford et ensuite à Paris, il retourna vers 1250 en Angleterre où il demeura à Oxford jusqu'en 1257. Tombé en disgrâce auprès de ses supérieurs qui, à cause de ses expériences de physique et de chimie, l'accusaient de sorcellerie, on l'envoya à Paris où il fut tenu dans un isolement complet pendant plusieurs années. Toutefois le pape Clément IV l'enjoignit de mettre ses idées en écrit et de lui envoyer secrètement ses ouvrages. Après qu'il eut recouvré en partie sa liberté ses écrits furent condamnés en 1278 comme renfermant des nouveautés suspectes et dangereuses; ce qui valut à l'auteur de nouveau une longue détention. Il mourut à Oxford, probablement en 1294.

Plusieurs de ses manuscrits furent publiés après sa mort, parmi lesquels se trouve l'„Opus

babiliter referri contendit. Is in libro perſpectivæ [1]) part. 3. diſ. 2. C. 3 [2]). hæc habet. Si vero corpora non ſunt plana per quæ viſus videt, ſed ſphærica, tunc eſt magna diverſitas, nam vel concavitas corporis eſt verſus oculum, vel convexitas. Item eodem loco Diſ. Ult. ſic. [3]) *de viſione fracta majora ſunt, nam de facile patet, maximà poſſe apparere minima et è contra: et longe diſtantia videbuntur propinquiſſimæ et è converſo. Sic etiam faceremus ſolem et lunam et ſtellas deſcendere ſecundum apparentiam hic inferius &c.* Hinc apparet, inquit, eximium quoddam circa optica vitra ſecretum ei cognitum fuiſſe. addit ex ejuſdem Baconi Epiſtola ad Pariſienſem [4]) (an Jo. Paris? [5])) de ſecretis artis et naturæ. Cap. 5 [6]). *Poſſunt* etiam ſic formari perſpicua, ut longiſſime poſita appareant propinquiſſima, et è contra: Ita quod ex incredibili diſtantia legeremus literas minutiſſimas, et numeraremus res quantumcunque parvas, et ſtellas faceremus apparere quo vellemus. Sed ſi quid præter hæc verba aut vota habuiſſet an ſaltem de lunæ phænomenis nil percepiſſet? Plura ſcire cupienti conſulere ſuadet authores Ant. a Wood, Hiſtorie et antique univerſitatis Oxon.

Majus ad Clementem Papam, ed. S. Jebb, London, 1733", f.°. Il est vrai que dans ces écrits il se fait connaître comme un homme qui avait devancé son siècle sous plusieurs rapports; toutefois plusieurs de ses descriptions semblent plutôt dues au libre cours de sa fantaisie qu'à des observations et des expériences exactes. C'est pourquoi, afin qu'on puisse mieux juger de la portée des citations qui suivent, nous leur avons donné quelquefois dans les notes un peu plus d'extension que ne l'avait fait Molyneux.

[1]) Le livre „De Scientia Perspectiva" constitue la Partie Cinquième de l'„Opus Majus", mais il fut aussi publié séparément sous le titre: „Rogeri Baconis Angli viri eminentissimi Perspectiva, opera et studio Johannis Combachii, Phil. Prof. in acad. Marpurgensi, Frankfurt, 1614, in 4.to".

[2]) Il s'agit du Capitulum III „De diversitate loci imaginis in sphæricis", appartenant à la „Distinctio Secunda Tertiæ partis, quæ est de visu fracto", laquelle troisième partie appartient à son tour à la „Pars Quinta Hujus Persuasionis De Scientia Perspectiva; habens tres partes". On retrouve, en effet, le passage en question à la p. 150 du Vol. II de l'édition de J. H. Bridges, Oxford, 1897, de l'„Opus Majus", où l'on lit: „Si vero non sint corpora plana per quæ visus videt sed sphærica, tunc est magna diversitas. Nam vel concavitas corporis est versus oculum vel convexitas".

[3]) Voici le passage de l'„Ultima Distinctio. De comparatione perspectivæ ad sacram sapientiam et mundi utilitates, habens capitula quatuor. Capitulum IV" (p. 165 de l'édition de Bridges) „De visione fracta majora sunt; nam de facili patet per canones supradictos, quod maxima possunt apparere minima, et e contra, et longe distantia videbuntur propinquissima et e converso. Nam possumus sic figurare perspicua, et taliter ea ordinare respectu nostri visus et rerum, quod frangentur radii et flectentur quorsumcunque voluerimus, ut sub quocunque angulo voluerimus videbimus rem prope vel longe. Et sic ex incredibili distantia legeremus literas minutissimas et pulveres et arenas numeraremus propter magnitudinem anguli sub quo videremus, et maxima corpora de prope vix videremus propter parvitatem anguli sub quo videremus, nam distantia non facit ad hujusmodi visiones nisi per accidens, sed quantitas anguli. Et sic posset puer apparere gigas, et unus homo videri mons, et in quacunque quanti-

l. 1. pag. 136. D.rem Plott. Nat. Hist. of Oxfordshire Cap. 9, Sect. 2 et 3 &c. and Sect. 39, 40, 41. ubi de monachis Baconum male vexantibus et in carcerem compingentibus velut magum et præstigiatorem. Ubi et de initio pulveris pyrici ab eodem Bacono profecto. ex literis ad Parisiensem Cap. 6. [7]) annis 100 ante Barthold Swartz. *In omnem distantiam quam volumus, possumus artificialiter componere ignem comburentem ex sale petræ et alijs.* (hæc vero alia in alio manuscripto codice sunt sulphur et carbonum pulvis). Et paulo post addit, *Præter hæc (id est combustionem)* sunt alia stupenda Naturæ. Nam soni velut tonitrus, et coruscationes possunt fieri in aere, imo majore horrore quam illa quæ fiunt per naturam. Nam modica materia adapta, sc. ad quantitatem unius pollicis, sonum facit horribilem, et coruscationem ostendit violentam, et hoc fit in multis modis, quibus civitas aut exercitus destruatur: igne exsiliente cum fragore inestimabili, mira hæc sunt, si quis sciret uti, in debita quantitate et materia. monet author

---

tate, secundum quod possemus hominem videre sub angulo tanto sicut montem, et prope ut volumus. Et sic parvus exercitus videretur maximus, et longe positus apparet prope, et e contra: sic etiam faceremus solem et lunam et stellas descendere secundum apparentiam hic inferius, et similiter super capita inimicorum apparere et multa consimilia, ut animus mortalis ignorans veritatem non posset sustinere".

[4]) Il s'agit de l'„Epistola Fratris Rogerii Baconis de Secretis operibus Artis & Naturæ et de Nullitate Magiæ". Cette lettre fut publiée entre autres par Orontius Finæus en 1542 à Paris. Nous la citerons d'après l'ouvrage: „Jo. Jacobi Mangeti Medicinæ Doctoris et Sereniss. ac Potentiss. Regis Prussiæ Archiatri Bibliotheca Chemica Curiosa seu Rerum ad Alchemiam pertinentium Tomus Primus, Genevæ, MDCCII", où elle occupe les p. 616—624.

[5]) Ici Huygens a en vue Jean de Paris le disciple de Bacon par lequel celui-ci fit parvenir son „Opus Magnus" à Clément IV; mais la lettre en question n'était pas adressée à lui puisqu'elle est souscrite: „Ad Guilielmum Parisiensem conscripta".

[6]) Voici, plus au complet, le passage qui suit tel qu'on le trouve au „Cap. V. De Experientiis perspectivis artificialibus" à la p. 620 de l'ouvrage cité dans la note 4: „Et sic omni civitati, & exercitui contrario, possunt fieri terrores maximi: ut vel propter multitudinem apparitionum stellarum vel hominum super ipsos congregatorum dispereant, præcipue si sequens documentum cum illo primo habeatur, possunt enim sic figurari perspicua ut longissime posita appareant propinquissima, & è contrario: ita quod ex incredibili distantia legeremus literas minutissimas, & numeraremus res quantumcunque parvas, & stellas faceremus apparere quò vellemus".

[7]) Voici encore le passage du „Cap. VI. De experimentis mirabilibus", auquel Molyneux fait allusion, tel qu'on le trouve à la p. 620 de l'ouvrage cité: „His verò sunt quædam annexa sive figurationibus: nam in omnem distantiam quam volumus possumus artificialiter componere ignem comburentem ex sale petræ & aliis. Item ex oleo petroleo & aliis. Item ex maltha et naphta & similibus secundum quod Plinius dicit in libro secundo capit. 104. civitatem quandam se defendisse contra exercitum Romanum: Nam maltha projecta combussit militem armatum. His vicinus est ignis Græcus & multa comburentia.... Præter verò hæc sunt alio stupenda naturæ. Nam soni velut tonitrus, & corruscationes possunt fieri in aere; immò

non esse ad manum libros unde hæc citat, sed aliorum fidem se secutum [1]).

Sirturum sequitur in disquisitione recentium auctorum telescopij [2]). Metio fratrem ejus adserere ait; quod ego refutabo [3]). Bapt. Portæ nihil concedit [4]), sed injuria [5]). nam si magia natur. ubi rudimenta habet hujus inventi, edita est a°. 1589 [6]), quomodo vult eum a Batavis ejus notitiam hausisse ubi demum a°. 168 [7]) vel 1610 exortum fuit?

Fr. Fontanæ Neapol.° microscopij duplicis inventum vindicari ait. ut ab anno 1618 reperto [8]). potest fieri [9]).

---

majore horrore quam illa quæ fiunt per naturam. Nam modica materia adaptata, scilicet ad quantitatem unius pollicis, sonum facit horribilem & corruscationem ostendit vehementem, & hoc fit multis modis, quibus civitas, aut exercitus destruatur ad modum artificii Gedeonis, qui laguncules fractis, & lampadibus, igne exsiliente cum fragore inæstimabili, infinitum Midianitarum destruxit exercitum cum trecentis hominibus. Mira sunt hæc, si quis sciret uti ad plenum in debitâ quantitate & materia".

[1]) Voici comment Molyneux s'exprime à cet effet (p. 258): „I Confess, I have not by me at this time the Originals, from whence these Passages are quoted; the present Distractions of our miserable Country" [l'Irlande] „having separated me and my Books; and the Place where I am, affords not the Copies: Therefore, if in the Quotations I am any wise mistaken, I must not be blamed, acknowleging that I have them *at second hand* from the forenamed Authors" (il s'agit de Wood et de Plott; voir plus haut dans le texte).

Or, on sait que Molyneux, gentilhomme protestant Irlandais, pour échapper aux poursuites de Tyrconnel, se réfugia en janvier 1689 à Chester en Angleterre, où il habita une petite maison hors des portes. Il ne retourna à Dublin qu'après la bataille de la Boyne, en décembre 1690, et c'est pendant son séjour à Chester qu'il composa la plus grande partie de la „Dioptrica nova".

[2]) Comparez la p. 437 du Tome présent. Ajoutons que Molyneux au passage en question (p. 259) mentionne Borellus et Sirturus comme promoteurs des droits à l'invention des lunettes respectivement de „Zacharias Joannides" et de „Johannes Lipperhoy, or la Prey".

[3]) Voir la p. 437 et l'Appendice III à la Troisième Partie de la Dioptrique présente, p. 591.

[4]) Voici le passage mentionné, qu'on trouve à la p. 260 de l'ouvrage de Molyneux: „However I must not here conceal the Pretense of *Baptista Porta*, who in his *Magia Naturalis*, Lib. 17. Cap. 10. Printed *An.* 1589. has these words, *Si utramque* (*Lentem sc. Concavam & Convexam*) *rectè componere noveris*, *& longinqua & proxima*, *majora & clara videbis.* But *Porta's* Character is so well known, that we may easily imagine, he had got this Hint from Holland".

[5]) Comparez les pp. 437, 586, 588 et 748.

[6]) Voir la note 2 de la p. 586. Les passages cités dans la note 7 de la p. 436 ne se rencontrent que dans les éditions postérieures, y compris celle de 1589.

[7]) Lisez 1608. Il est vrai que, d'après Boreel, si l'on en croyait le témoignage du fils de Zacharias Jansen, l'invention aurait eu lieu en 1590; mais Huygens se tient à la date où l'invention fut connue, la seule dont on ait quelque sûreté.

[8]) Voici le passage dont il s'agit (p. 280 de la „Dioptrica nova"): „*Franciscus Fontana* in his *Observationes Cœlestium Terrestriumque Rerum* (wherein he challenges to himself the Invention of the *double Microscope*, *An.* 1618) is the first (that I can learn) who published *Microscopical* Observations of some few Bodies".

Pag. 261. de Galilei obſervatis. Pag. 264, de meis circa Saturnum. Til [10]) de [ſic] incomparabel Chr. Hugenius has put the laſt hand to this aſſair and in his ingenious Treatiſe, Syſtema Saturnium, Hag Com. 1659, 4°, has publiſhed to the world a complete hiſtory of all obſervations of this Planets appearances, with a moſt ingenious Theory for their explication. In the beginning of the year 1655 his excellent Perſon firſt diſcovered de biggeſt of Saturns Satellites with a teleſcope of 12 feet. charged with an eyeglass of 3 inches. afterwards an. 1656 he doubled that length, retaining the ſame eyeglas &c. addit Halleium correxiſſe motum mei comitis Saturnij [11]), neſcio quam bene, nam ab eo Caſſinus diſſentit. ego medius ut puto inter utrumque [12]). Galletij ineptam hypotheſin qua ad Saturni annulum exprimendum uſus eſt refellit, quæ hoc non meretur [13]).

Pag. 271 refert obſervationem ſuam qua ſatellites Jovis omnes latuerint nempe a°. 1681. nov. 2. hora 10 p. m. Dublinii St. Vet. quod Flamſtedium ſuis numeris convenire invenerit. 2dus poſt Jovem, reliqui ante diſcum.

Pag. 270, rationem periodorum ac diſtantiarum commemorat, quam debuiſſet Ceplero referre acceptam [14]).

---

[9]) Comparez la p. 513 du Tome préſent.

[10]) Voici ce qui précède le passage cité: „*Galileo* was the first that observed any thing extraordinary in *Saturns* Appearance *An.* 1610. *Octob.* as he tells us in some of his *Italian* Letters: But his Glasses were too short to give the true Shape of this Planet. All that he descry'd was something appendent on each side of him, which he took to be two Globes much less than *Saturns* own Body..... But when the Telescope was better advanced.... the true and genuine Appearance of *Saturn* began to shew it self, and its regular Changes were taken notice of. But though several Authors writ Treatises of this surprising Appearance, and particularly the celebrated *Hevelius* (*de nativa Saturni facie*) *Hodierna*, &c. yet all their Observations were imperfect and deficient; and chiefly for want of excellent Glasses: Till the", etc.

[11]) Voici, en effet, la suite du passage en question „The *Satellit* he discover'd, is the *Fourth* from *Saturn*; and in the forenamed Treatise, he gives us the *Epochæ* and *Tables* of its Motion; But our most ingenious Countryman, Mr. *Halley*, deservedly celebrated for his Astronomical Labours, discovered in the year 1682. that *Hugenius*'s Numbers were considerably run out; and therefore he set himself to correct the Period of this *Satellit*, which he has done accordingly, Num. 145. Pag. 82. *Philosoph. Transact.* And in Num. 187. Pag. 299, we shall find Mons. *Cassini*'s Tables of the Motions of all *Saturns Satellites*, together with their distances from *Saturn* correspondent to their Periodical Times".

[12]) Contrairement à la pensée de Huygens, Halley et Cassini arrivent tous les deux, aux lieux cités dans la note précédente, à un mouvement moyen journalier de 22° 34′ 38″, c'est-à-dire à une durée de la révolution sidérale du satellite de Huygens de $15^j\,22^h\,41^m$. Huygens dans le „Systema Saturnium" avait trouvé $15^j\,22^h\,39^m$. Ajoutons que les observations modernes confirment les résultats de Halley et de Cassini.

[13]) Voir sur Gallet et sur son hypothèse les pp. 46, note 4, et 494 du T. VIII. Molyneux n'emploie pas moins de quatre pages (p. 265—269) à la réfutation de cette hypothèse.

[14]) Voici ce passage, où, en effet, Kepler n'est pas nommé: „But before I leave *Saturn* and *Jupiter*, I cannot but take notice of one admirable Property for the Knowledge whereof,

Allusiunculas inserit de Martis robore, de Veneris pulchritudine, quæ frivolæ [1]).

The Heer Leeuwenhoeck of Delft in Holland. hujus diligentiam microscopicam celebrat. eumque se vidisse ait, et celasse exquisitiorem microscopij usum. quippe quem sibi reservet [2]). Credo nihil aliud esse quam lucis usum in res visas subtiliter inductæ.

Nihil mirabilius aut jucundius sibi visum ait quam sanguinis circuitum in Lacerta aquatica (anguilla) [3]) (apud Leeuwenh. puto) de qua observatione ait

---

we are beholden to the Telescope; and that is, the wonderful Agreement which is found in all the several Systems of our Vortex; as well between the General *System* of the Sun and Primary Planets with the particular *System* of *Saturn*'s or *Jupiter*'s Planets, as between the particular Systems themselves, in this single Property, *That the Periodical Times of the Planets Revolutions are in a* sesquialtera Ratio *of their Distances from the Centre of the Planet about which they revolve*.... This holds most exquisitely true in *Jupiter*'s *Satellites*, as is noted by the admirably learned Mr. *Newton*, in his incomparable Treatise, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, Lib. 3. Hypoth. 5. And the same *Law of Motion* is strictly observed by the five Primary Planets, and the Earth about the Sun. As he notes, Hypoth. 7, 8. This is also verifyed by Mons. *Cassini* in the five *Satellites* of *Saturn*; as appears by his Account of them in the *Philosoph. Transact.* Num. 92. P. 5178. N. 133. P. 831. N. 181. P. 79".

[1]) „Mars offers himself next; who, trusting in his own Strength, is attended by no Guards; But the Prying Telescope discovers in his Face *Scars*, *Spots* and *Ruggedness*" (p. 274). „*Venus*, the brightest Planet in the Heavens. She fears not sometimes even at Noon-day to display her Beauty; and in this Armour reposing an entire Confidence, performs her Course *alone*, and free from all other Attendants" (p. 275). „*Mercury*'s wit and Quickness secures him, therefore he has no Train, but generally shelters himself under the Beams of his potent Lord the Sun" (p. 276). Dans le même esprit Molyneux écrivait à propos du phénomène mentionné un peu plus haut „*Jupiter* there stood by himself, in all Appearance, without his Guards; and a bold *Lucian* might have pull'd him from his Throne without Resistance" (p. 271).

[2]) „The *Heer Lewenhoeck* of *Delft* in *Holland*, has lately apply'd himself with great Diligence to the use of Microscopes: of which Instrument he thinks he has a better kind than was ever yet known. When I visited this Gentleman at *Delft*, he shew'd me several that indeed were very curious; but nothing more than what I had ordinarily seen before; being composed only of one single, very minute Glass-Sphere or Hemisphere, placed between two very thin pierced *Laminæ*, or Plates of Brass, and the Object was brought to its due distance before the Glass by a fine Screw: But for his *best* sort, he beg'd our Excuse in concealing them" (p. 281).

[3]) „I have been often delighted with the curious Appearance of many Objects seen through the Microscope. But none ever surprised me more, than the visible *Circulation* of the Blood in Water-Newts (*Lacerta aquatica*) to be seen as plainly as Water running in a River, and proportionately much more rapid" (p. 281).

[4]) Celles pour le mois de décembre 1685. D'après cette communication, datée du 27 octobre 1685, il avait découvert lui-même ce phénomène depuis deux ans et demi et en avait envoyé le 12 mai 1683 une description détaillée à son frère qui se trouvait alors à Leiden.

ſe retuliſſe ad Soc. Reg. Et allegat Tranſact. Philoſ. num. 177. Pag. 1236 [4]). videndum apud fratrem [5]).

de libella noſtra [6]) nihil [7]).

de uſu teleſcopij in metiendis ex una ſtatione diſtantijs, ait ſub finem anni 1665 (ut patet ex Philoſ. tranſact. Num. 7, P. 123) Auzotium permutationem arcani optici ſui obtuliſſe Hookio. alterius quod Hookius habuerit, obtuliſſe. atque Auzotij fuiſſe hoc ipſum de diſtantijs metiendis [8]). an habuerit igitur jam tunc Auzotius meum theorema de punctis conjugatis ad lentem convexam [9]). Si

---

[5]) Le frère Constantyn, qui recevait régulièrement les „Phil. Trans".

[6]) Voir la note 1 de la p. 2.

[7]) C'est-à-dire à propos des applications du Télescope, dont Molyneux n'en traite que deux: „To view nigh Objects therewith" et „To Measure the Distance of an Object at one Station by a Telescope" (p. 281—287).

[8]) Il s'agit de l'article suivant, qu'on trouve dans les „Phil. Trans". du 4 décembre 1665: „The instance of the *Same Person*" [Auzout] „to Mr. *Hook*, for communicating his Contrivance of making, with a Glass of a Sphere of 20 or 40 foot *diameter*, a *Telescope* drawing several hundred foot; and his offer of recompensing that Secret with another, teaching To measure with a *Telescope* the *Distances of Objects* upon the Earth". D'après cet article le secret d'Auzout, qu'il possédait depuis longtemps et qu'il était prêt à échanger contre celui de Hooke, consistait dans ceci: „Locorum distantias ex unica statione, absque ullo Instrumento Mathematico, metiri". Si Hooke acceptait l'échange il lui découvrirait ce secret en y joignant les tables nécessaires. Or, Oldenburg, le secrétaire de la Société Royale, ajoutait à l'article d'Auzout la remarque „That the Secret he mentions.... is a thing allready known (if I am not mis-informed) to some Members of our Society; who have been a good while since considering of it, and have contrived ways for the doing of it: Whether the same with those of *Auzout*, I know not. Nor have I (at the distance that I am now from them) opportunity of particular Information".

[9]) Molyneux, après avoir remarqué qu'Auzout n'a jamais publié sa méthode, expose la sienne comme il suit (p. 285 de son livre): „As the *Micrometer* is contrived to *open* and *close* in the Focus of the Object-Glass.... So we may adapt an Instrument, which may *advance* or *withdraw* the curious point of a slender Needle *to* or *from* the Object-Glass. And an *Index* (after the manner of the *Micrometer*) may shew how much the slender Point is withdrawn from the Object-Glass. Then looking through the Telescope at the Object, whose Distance we measure, let us withdraw the Needle, till by moving the Eye before the Eye-Glass, we perceive the Needle, as it were, *fixt* upon the Object.... Then is the Needle in the *Respective Focus*. And by observing the *Index* afore mentioned, we have the Measure of this *Respective Focus* from the Object-Glass: And consequently the Difference between it and the *Solar Focus*. With which we are to work according to the Rule, and we obtain what was required, *viz.* the *Distance* of the Object".

Or, il est clair que, si la méthode d'Auzout, ce qui est probable, reposait sur ce même principe, la règle pour trouver les points correspondants lui était nécessaire, si du moins les tables en question n'étaient pas composées d'après l'expérience ou d'après une règle approximative, valable seulement pour des distances suffisamment grandes.

habuit forſan ejus eſt demonſtratio per angulos de qua Picartus [1]) mihi olim. Dimenſio autem hæc exigui uſus.

Pag. 290. Gaſſendum [2]) refutat, qui uno oculo nos uti putabat [3]), inepte. Recte adfert author [4]) argumentum a luſu pilæ, in quo ſi oculus alter vel peritiſſimo luſori obtegatur, fiet hebes plane et infimis inferior.

---

[1]) Voir sur Jean Picard la note 8, p. 50 du T. VI. Nous n'avons trouvé dans la „Correspondance" aucune allusion à cette communication de Picard à Huygens.

[2]) Voir sur Pierre Gassendi la note 8, p. 342 du T. I.

[3]) Voici ce qu'on trouve dans l'ouvrage de Molyneux sur cette conception bizarre, presque oubliée maintenant. Il en parle à la p. 290 comme d'une „opinion first as I think started by the celebrated *Gassendus* and since embraced by many, *viz.* that we see but with one Eye at once one and the same Point of an Object, *otiante alio*, (as they term it) whilst the other is idle and does nothing.... Against our seeing with two Eyes at once one and the same Point of an Object, it is commonly objected, that if it were so, every Object would seem in two places at once, *vide* Gassendi *Epist.* 4 *de Magnit. Solis humilis & sublimis*, & Taqueti, *Opt. lib.* 1. *Prop.* 2". Ajoutons que, d'après Tacquet, ce serait l'oeil gauche dont la plupart des personnes se servent ordinairement et que l'on croyait que pendant la vision tous les esprits visuels délaissent l'oeil inoccupé pour suppléer l'oeil qui voit.

[4]) Après avoir indiqué des expériences dans lesquelles l'on voit effectivement deux images d'un même objet, Molyneux fait suivre: „And as a Conclusion to the whole" [I] „shall only add one Experiment that Demonstrates we see with both Eyes at once; and 'tis, that which is commonly known and practised in all Tennis-Courts, that the best Player in the World Hoodwinking one Eye shall be beaten by the greatest Bungler that ever handled a Racket; unless he be used to the Trick, and then by Custom he gets an Habit of using one Eye only" (p. 293).

TABLES.

I. PIÈCES ET MÉMOIRES.

Page.

AVERTISSEMENT ..... I—CLXIII

TABLES DE CONCORDANCE ..... CLXIV—CLXVII

LA DIOPTRIQUE ..... 2—141; 172—233; 244—269; 272—353; 434—585

1653. PREMIÈRE PARTIE. TRAITÉ DE LA RÉFRACTION ET DES TÉLESCOPES ..... 2—141; 172—233; 244—269

LIVRE PREMIER. DE LA RÉFRACTION DUE AUX SURFACES PLANES ET SPHÉRIQUES ..... 2—141

De la réfraction des rayons 2

Propoſ. I. Soit donnée une ſurface quelconque limitant un corps tranſparent, ſoit AC le rayon réfracté provenant du rayon DA, AE le prolongement de CA, AF celui de DA. Si ensuite le corps tranſparent change de place, la surface qui le limite restant la même, mais de manière qu'il vienne ſe trouver de l'autre côté de cette ſurface, le rayon réfracté provenant du rayon FA ſera AE 12

Propoſ. II. Soit DC un rayon oblique tombant du dehors ſur la ſurface réfringente d'un corps tranſparent et CG le rayon réfracté. Prenons un point quelconque F ſur la normale à la ſurface à l'intérieur du corps tranſparent. Tirons FG parallèle à DC juſqu'à ce qu'elle coupe CG en G, alors le rapport CG : GF eſt égal à l'indice de réfraction 14

Propoſ. III. Soit DC un rayon oblique tombant du dedans ſur la ſurface réfringente d'un corps tranſparent, CH le rayon réfracté. Prenons un point quelconque L ſur la normale à la ſurface à l'intérieur du corps tranſparent. Tirons LH parallèle à DC juſqu'à ce qu'elle coupe CH en H, alors le rapport LH : HC eſt égal à l'indice de réfraction 16

Définition des points de concours ou de diſperſion 16

Propoſ. IV. Étant donnée la ſurface plane d'un corps tranſparent et le point où ſe dirigent les rayons au moment où ils tombent du dehors ſur cette ſurface, trouver le point de concours des rayons réfractés 18

Page.

Propof. V. Étant donnée la furface plane d'un corps tranfparent et un point d'où proviennent des rayons qui tombent du dehors fur cette furface, trouver le point de difperfion des rayons réfractés 22

Propof. VI. Étant donnée la furface plane d'un corps tranfparent et un point d'où proviennent des rayons tombant du dedans fur cette furface, trouver le point de difperfion des rayons réfractés 24

Propof. VII. Étant donnée la furface plane d'un corps tranfparent et un point en dehors de ce corps où fe dirigent des rayons qui tombent du dedans fur cette furface, trouver le point de concours des rayons réfractés 26

Lemme 1. Soit A l'angle obtus d'un triangle ABC, D un point fur le prolongement de AC, alors BD : DA < BC : CA 26

Lemme 2. Réciproquement, fi pour le même triangle le point D fe trouve fur la droite AC du même côté de A que le point C et qu'on ait BD : DA < BC : CA, on aura AD > AC 28

Lemme 3. Soit B l'angle obtus d'un triangle ABC, D un point fur le prolongement de AC, alors AD : DB < AC : CB 28

Lemme 4. Réciproquement, fi pour le même triangle le point D fe trouve fur la droite AC du même côté de A que le point C et qu'on ait AD : DB < AC : CB, on aura AD > AC 28

Lemme 5. Soit une ligne droite AB divifée en C de telle manière que AC > CB. Prolongeons cette droite du côté B et foit AD : DB = AC : CB. Décrivons avec CD comme diamètre une circonférence de cercle, foit E un point de cette circonférence, alors AE : EB = AC : CB. Si, au contraire, le point L fe trouve à l'intérieur de la circonférence on aura AL : LB > AC : CB et fi le point H fe trouve à l'extérieur AH : HB < AC : CB. Les réciproques de ces propofitions font également vraies 30

Propof. VIII. Trouver le point de concours de rayons parallèles tombant du dehors fur la furface fphérique convexe d'un corps tranfparent 32

Propof. IX. Trouver le point de concours de rayons parallèles tombant du dedans fur la furface fphérique convexe d'un corps tranfparent 34

Propof. X. Trouver le point de difperfion de rayons parallèles tombant du dehors fur la furface fphérique concave d'un corps tranfparent 38

Propof. XI. Trouver le point de difperfion de rayons parallèles tombant du dedans fur la furface fphérique concave d'un corps tranfparent 40

Définition de l'expreffion „correfpondre à un point" 40

Propof. XII. Étant donnée la furface fphérique convexe ou concave d'un corps tranfparent et le point auquel correfpondent les rayons qui tombent fur cette furface; conftruisons fur l'axe, qui paffe par le centre et par le point donné, une quatrième proportionnelle à trois longueurs ayant chacune une extrémité en ce point. La première de ces longueurs eft la diftance du point donné au point auquel

Page.

correſpondraient les rayons réfractés provenant de rayons parallèles à l'axe venant de l'autre côté. La ſeconde eſt la diſtance du point à la ſurface réfringente. La troiſième eſt la diſtance au centre de cette ſurface. La quatrième s'étendra alors juſqu'au point qui correſpond aux rayons réfractés. Cette quatrième diſtance doit être priſe à partir du point donné dans un ſens tel que toutes les quatre ſoient dans le même ſens ou bien deux dans un ſens, deux dans l'autre . . 40

Propoſ. XIII. Trouver le point de concours de rayons parallèles ayant traverſé une ſphère entière compoſée d'une ſubſtance tranſparente 78

Propoſ. XIV. Trouver le point de concours de rayons parallèles à l'axe tombant ſur une lentille planconvexe 80

Propoſ. XV. Trouver le point de diſperſion de rayons parallèles à l'axe tombant ſur une lentille planconcave. 82

Propoſ. XVI. Trouver le point de concours de rayons parallèles à l'axe tombant ſur une lentille biconvexe ou concavo-convexe, la concavité étant moindre que la convexité 84

Propoſ. XVII. Trouver le point de diſperſion de rayons parallèles à l'axe tombant ſur une lentille biconcave ou convexo-concave, la convexité étant moindre que la concavité 88

Propoſ. XVIII. Trouver une lentille poſſédant une ſurface convexe égale à une ſurface donnée, et ayant ſon foyer à une diſtance donnée 94

Propoſ. XIX. Étant donnée une lentille poſſédant deux ſurfaces convexes inégales ou à ſection en forme de lunule, trouver une autre lentille équivalente ayant une ſurface convexe et une ſurface plane ou bien deux ſurfaces convexes de même courbure 96

Prop. XX. Étant donnée une lentille quelconque convexe ou concave avec deux ſurfaces ſphériques, ou avec une ſurface ſphérique et une ſurface plane; étant donné en outre ſur l'axe de cette lentille un point où ſe dirigent ou d'où proviennent des rayons lumineux qui tombent ſur la lentille: ſi l'on conſtruit une troiſième proportionnelle à deux longueurs, dont la première eſt la diſtance du point donné au foyer des rayons parallèles à l'axe venant de l'autre côté, et la ſeconde la diſtance du point donné à la lentille elle-même, alors l'extrémité de la troiſième, portée ſur l'axe à partir du point donné dans le même ſens que la première longueur, ſera le point de concours ou de diſperſion des rayons qui proviennent du point donné ou qui ſe dirigent vers lui 98

Propoſ. XXI. Placer en un lieu donné une ſurface ſphérique capable de réunir en un point donné les rayons qui correſpondent à un point donné 108

Propoſ. XXII. Chercher les points de concours ou de diſperſion des rayons qui correſpondent à un axe de la lentille faiblement incliné par rapport à l'axe principal 110

Propoſ. XXIII. À l'interieur de toute lentille biconvexe ou biconcave il exiſte un

Page.

point tel qu'un rayon quelconque paſſant par ce point a la même direction avant d'entrer dans la lentille et après l'avoir traverſée. Un tel point ſe trouve à l'extérieur de la lentille du côté de la plus petite ſphère dans les cas d'une lentille convexo-concave ou concavo-convexe 118

Propoſ. XXIV. Le diamètre de l'image d'un objet, qui eſt formée derrière une lentille convexe a le même rapport au diamètre de l'objet que la diſtance de l'image à la lentille à la diſtance de l'objet à la lentille 122

Propoſ. XXV. Un rayon qui tombe ſur la ſurface commune de deux corps tranſparents, venant du corps le moins réfringent et pénétrant dans celui qui réfracte plus fortement, eſt incliné du côté de la perpendiculaire, l'indice qui correſpond à cette réfraction étant le quotient des indices des deux corps par rapport à l'air. 124

Propoſ. XXVI. Expliquer la conſtruction de l'œil et la manière dont ſe fait la viſion 128

Propoſ. XXVII. Porter ſecours aux yeux des vieillards et des myopes à l'aide d'une lentille en verre 134

Propoſ. XXVIII. Trouver une lentille en verre qui permette de voir clairement aux perſonnes placées ſous la ſurface de l'eau 138

Appendice I. [1652] .....

Rédaction antérieure du début du premier Livre du Traité de la Réfraction et des Téleſcopes 143

Appendice II. Décembre 1652 .....

Étant donné l'indice de réfraction trouver le rayon de l'arc-en-ciel primaire et réciproquement. Problème dont la ſolution eſt utile pour la détermination des indices de réfraction 146

Appendice III. Mai 1658 .....

Détermination expérimentale de la réfraction différente dans le criſtal et dans le verre de Vénife 154

Appendice IV. [1664] .....

Triangle rectangle en verre deſtiné a déterminer la réfraction des rayons ſous différents angles d'incidence 155

Appendice V. Septembre 1664 .....

Détermination expérimentale de la réfraction différente de l'eau potable et de l'eau ſaturée de ſel 156

Appendice VI. [1666] .....

Étant donnée une lentille biconvexe ſur laquelle tombent des rayons parallèles à l'axe, trouver le point de concours des rayons après deux réfractions et une réflexion 157

Appendice VII. Février 1667 .....

Étant donnés les rayons de courbure d'une lentille biconvexe, ſon épaiſſeur et ſa diſtance focale, trouver l'indice de réfraction 160

Page.

APPENDICE VIII. MARS 1667 . . . . . .

Étant donné l'indice de réfraction, trouver le rayon de l'arc-en-ciel secondaire . . . 163

APPENDICE IX. JUIN 1668 . . . . . .

Modification de la solution du problème précédent 169

APPENDICE X. [1690] . . . . . .

Détermination des rayons de courbure d'une lentille à l'aide des points de confusion qui se rapportent à deux réfractions et une réflexion 170

1653. LIVRE DEUXIÈME. DE LA GRANDEUR APPARENTE DES OBJETS VUS PAR RÉFRACTION . . . . . 172—233

Propos. I. Les objets qu'on aperçoit confusément, soit à cause des lentilles placées entre ces objets et le spectateur, soit à cause de la distance, peuvent être rendus nettement visibles, soit à l'aide d'une lentille unique placée devant l'œil, soit à l'aide d'un écran placé au même endroit et pourvu d'une très petite ouverture, si du moins l'œil ne se trouve pas précisément au point de confusion maximum. L'image aperçue sera la même en grandeur et en position quelle que soit celle des deux méthodes dont on se serve 172

Propos. II. Lorsque l'œil est placé entre une lentille convexe et son foyer, les objets sont vus droits et agrandis. Si l'objet est fort éloigné, la grandeur apparente est à la grandeur vraie comme la distance focale de la lentille est à la distance du foyer à l'œil; mais si l'objet se trouve à une plus petite distance, le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie se compose du rapport que nous venons de nommer et du rapport de la distance entre l'œil et l'objet à la distance entre l'objet et le „point dirigeant" (où se forme l'image de l'œil par la lentille). Lorsque l'œil est placé dans le foyer de la lentille, les objets éloignés paraissent infiniment grands, et les objets rapprochés agrandis dans un rapport égal à celui de la distance de l'objet à l'œil à la distance de l'œil à la lentille 174

Propos. III. Lorsque l'œil est placé sur l'axe d'une lentille, à une distance plus grande que la distance focale, les objets en deça du point dirigeant sont aperçus droits et agrandis. Ceux en delà sont vus renversés et agrandis ou diminués selon les différentes positions de l'objet et de l'œil par rapport à la lentille. Le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie se trouvera comme dans la proposition précédente 180

Propos. IV. Lorsque l'œil est placé derrière une lentille concave, les objets sont vus droits et diminués. Si l'objet est placé à grande distance, la grandeur apparente est à la grandeur vraie comme la distance entre la lentille et le point de dispersion est à la distance de ce point à l'œil. Mais si l'objet est rapproché, le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie se composera du rapport mentionné, et du rapport de la distance entre l'œil et l'objet d'une part et la distance de l'objet au point dirigeant de l'autre 184

Page.

Propof. V. Étant données deux lentilles dont la diftance mutuelle et les pofitions par rapport à l'œil et à l'objet font connues, trouver dans quel rapport elles augmentent ou diminuent la grandeur de l'objet et fi l'image eft droite ou renversée 186

Propof. VI. Lorfqu'un objet eft vu à travers d'un nombre quelconque de lentilles, et qu'on intervertit les pofitions de l'œil et de l'objet tandis que les lentilles demeurent en place, la grandeur apparente de l'objet fera la même et l'image aura la même fituation, droite ou renverfée 198

Propof. VII. Les pofitions de l'œil et de l'objet étant données, une lentille convexe placée entre ces deux donnera une image droite fi fa diftance focale eft plus grande que le quart de la diftance de l'œil à l'objet et l'image fera la plus grande, lorfque la lentille fera placée au milieu entre l'objet et l'œil. Mais fi la diftance focale eft plus petite que le quart de la diftance de l'œil à l'objet, l'image fera quelquefois renverfée; elle aura les plus petites dimenfions lorfque la lentille fera placée au milieu entre l'objet et l'œil 206

Propof. VIII. Les pofitions de l'œil et de l'objet étant données, une lentille concave placée entre ces deux donnera une image d'autant plus petite qu'elle fera plus proche du point milieu entre l'œil et l'objet 218

Propof. IX. Si la diftance de l'œil à une lentille convexe demeure invariable et que l'œil eft fitué entre la lentille et fon foyer, l'image apparaîtra d'autant plus petite que l'objet fera placé à une plus grande diftance. Mais fi la diftance de l'œil à la lentille eft plus grande que la diftance focale, l'objet en s'éloignant paraîtra devenir plus grand, auffi longtemps que l'image eft droite; mais dès que l'image fera devenue renverfée fa grandeur diminuera lorfqu'on continue à éloigner l'objet. Si l'œil eft fitué au foyer de la lentille, l'image aura toujours la même grandeur quelle que foit la diftance de l'objet 220

Propof. X. Si la diftance d'une lentille convexe à l'objet demeure invariable et que l'objet fe trouve entre la lentille et un de fes foyers, l'image fera d'autant plus petite que l'œil fera plus éloigné de la lentille. Mais fi l'objet fe trouve plus loin de la lentille, l'image, tant qu'elle eft droite, s'agrandira lorfqu'on éloigne l'œil de la lentille; mais dès que l'image fera devenue renverfée, elle deviendra plus petite lorfqu'on continue à éloigner l'œil. Si l'objet fe trouve au foyer de la lentille, l'image aura toujours la même grandeur quelle que foit la diftance de l'œil à la lentille 222

Propof. XI. Si, au lieu d'une lunette à deux lentilles, l'une convexe et l'autre concave, on conftruit d'une matière folide et tranfparente un corps poffédant une furface convexe et une furface concave, ce corps agrandira les objets lointains dans la même proportion que la lunette; c'eft-à-dire dans le rapport de la diftance focale de la furface convexe à la diftance du foyer de cette furface à la furface concave, contre laquelle fe trouve l'œil 224

Page.

Propof. XII. Lorfque fur la droite qui joint l'œil et l'objet font placées des lentilles ou des furfaces féparant des milieux réfringents, en nombre quelconque et de forme arbitraire mais ayant cette droite pour axe commun, l'œil apercevra après toutes les réfractions une certaine partie de l'objet, même dans le cas où l'œil eft réduit à un point unique, pourvu que ce point ne foit pas celui où concourent après la réfraction les rayons iffus du point de l'objet qui fe trouve fur l'axe 230

Propof. XIII. Si entre l'œil et l'objet font placées un nombre quelconque de lentilles ou de furfaces féparant des milieux réfringents et que les rayons iffus d'un point de l'objet fitué fur l'axe commun de toutes ces lentilles et furfaces fortent parallèles après les avoir traverfées, la grandeur et la fituation, droite ou renverfée, de l'image feront les mêmes à quelque diftance derrière elles que fe trouve l'œil 232

Appendice I. [1652] .....

Rédaction antérieure de la Prop. I de ce deuxième Livre du Traité de la réfraction et des téleftopes 235

Appendice II. [1653] .....

Étant données les pofitions de l'œil et de l'objet qu'on regarde par l'intermédiaire d'une lentille placée en un lieu quelconque entre ces deux; fi l'on tranfporte la lentille de manière que fa diftance à l'objet devienne égale à celle dont elle était éloignée auparavant de l'œil, on verra l'objet dans la même grandeur et dans la même fituation, droite ou renverfée 237

Appendice III. [1684?] .....

Soit donné une pièce folide de matière tranfparente, limitée par deux furfaces planes formant un petit angle. Si fur l'un de ces furfaces, dans un plan perpendiculaire à l'arête, tombent des rayons faifant des angles affez petits avec la normale, les angles que ces rayons font entre eux à la fortie de la deuxième furface feront les mêmes qu'à l'entrée. Il faut que les angles en queftion foient fi petits qu'ils peuvent être confidérés comme proportionnels à leurs finus; ce qu'on fuppofe ordinairement jufqu'à 30°, et ce qui eft permis d'autant plus pour les angles beaucoup plus petits auxquels nous appliquerons ce théorème 238

Appendice IV. [1692] .....

Affranchiffement de tout doute et vérification par un exemple numérique du théorème de notre Dioptrique fur l'invertiffement de l'oeil et de l'objet fans que le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie foit changé par cela 240

1653. Livre troisième. Des téleftopes ..... 244—269

Propof. I. Accommoder à un oeil quelconque une lunette compofée de deux lentilles données 244

Propof. II. Indiquer la conftruction d'un téleftope fervant à obferver les éclipfes ou les taches du Soleil et déterminer la grandeur de fon image 246

Page.

Propoſ. III. Comment on peut perfectionner les téleſcopes, tant ceux pour l'obſervation pendant le jour que ceux dont on ſe ſert la nuit, en remplaçant les deux lentilles convexes par trois lentilles 252

Propoſ. IV. Conſtruire un téleſcope donnant des images droites des objets lointains à l'aide de trois lentilles convexes; le groſſiſſement étant donné..... 258

Propoſ. V. Conſtruire à l'aide de deux lentilles convexes et d'un petit miroir plan un téleſcope donnant des images droites et qui nous permet d'embraſſer d'un ſeul regard un champ étendu..... 264

APPENDICE. [1691].....

Effet ſur le groſſiſſement du téleſcope décrit dans la Prop. IV quand on remplace la lentille oculaire qui ſe trouve la plus près de l'œil par une autre dont la diſtance focale eſt plus petite 271

1666. DEUXIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE. DE L'ABERRATION DES RAYONS HORS DU FOYER..... 272—353

Propoſ. I. Dans des ſegments très petits d'un même cercle le rapport des hauteurs des ſegments peut être eſtimé égal à celui des carrés des baſes 272

Propoſ. II. Dans des ſegments très petits appartenant à des cercles différents et qui poſſèdent la même baſe ou des baſes égales, le rapport des hauteurs des ſegments peut être eſtimé égal à l'inverſe de celui des diamètres de ces cercles 274

Définition de ce qu'on entendra par l'„épaiſſeur" d'une lentille convexe ou concave 276

Propoſ. III. Les lentilles convexes poſſédant la même diſtance focale et les lentilles concaves ayant la même diſtance du point de diſperſion, auront la même épaiſſeur ſi leurs largeurs ſont égales..... 276

Propoſ. IV. Indiquer comment on peut trouver rapidement pour les lentilles convexes les aberrations des rayons provenant de la forme ſphérique des ſurfaces... 280

Propoſ. V. Même problème pour les lentilles concaves 296

Propoſ. VI. Dans deux lentilles de largeurs différentes, dont les courbures des ſurfaces d'entrée des rayons, ainſi que les courbures des ſurfaces de ſortie, ſont égales, les aberrations des rayons extrêmes parallèles à l'axe ſont entre elles comme les épaiſſeurs des lentilles, ou bien comme les carrés des largeurs..... 306

Propoſ. VII. Dans une lentille quelconque les aberrations des rayons parallèles à l'axe ſont entre elles comme les carrés des diſtances à l'axe 308

PROPOSITIONS ÉCARTÉES DE NOTRE DIOPTRIQUE..... 314—353

Propoſ. VIII. Dans les lentilles de même eſpèce (c'eſt-à-dire pour leſquelles les rayons de courbure des deux ſurfaces ſont entre eux dans le même rapport) les aberrations des rayons extrêmes, parallèles à l'axe, ont entre elles un rapport compoſé du rapport des carrés des diamètres de leurs ouvertures et de celui des diſtances focales pris en ſens inverſe. Mais les diamètres des cercles d'aberration ont entre eux un rapport compoſé du rapport des cubes des diamètres

Page.

des ouvertures et du rapport inverſe des carrés des diſtances focales 314

Propoſ. IX. Compoſer à l'aide de lentilles ſphériques concaves et convexes des téleſcopes plus parfaits que les téleſcopes conſtruits juſqu'ici et qui puiſſent rivaliſer en perfection avec ceux qui ſont compoſés de lentilles elliptiques ou hyperboliques 318

Propoſ. X. Examiner le degré de clarté qu'on peut obtenir avec des téleſcopes quelconques 332

Propoſ. XI. Dans des téleſcopes de différentes longueurs il faut, pour qu'ils donnent des images également lumineuſes et également nettes, que le rapport des diſtances focales des objectifs de même eſpèce ſoit égal à la $\frac{4^{\text{ième}}}{3}$ puiſſance du rapport des diamètres des ouvertures de ces mêmes lentilles et que les diſtances focales des lentilles oculaires ſoient dans le rapport des racines bicarrées des diſtances focales des objectifs 338

APPENDICE I. 1665 .....

Déduction des règles données dans la Prop. IV de cette deuxième Partie de la Dioptrique pour le calcul de l'aberration ſphérique des lentilles 355

§ 1. Cas d'une lentille planconvexe recevant les rayons ſur ſa ſurface convexe. Effet d'une diminution de l'ouverture 355

§ 2. Cas d'une lentille planconvexe recevant les rayons ſur ſa ſurface plane. Effet d'une diminution de l'ouverture 359

§ 3. Cas d'une lentille biconvexe. Rapport qui doit exiſter entre les deux rayons de courbure, afin que l'aberration ſphérique de la lentille biconvexe ſoit égale à celle d'une lentille planconvexe dont l'épaiſſeur, la largeur et la diſtance focale ſont les mêmes et dont le côté convexe eſt tourné vers les rayons. Lentille biconvexe d'aberration ſphérique minimum pour une épaiſſeur, largeur et diſtance focale données 360

§ 4. Cas d'une lentille concavo-convexe et d'une lentille biconcave. Lentille biconcave d'aberration minimum 368

APPENDICE II. [1665] .....

Démonſtration inachevée de la Propoſ. VII de cette deuxième Partie de la Dioptrique 376

APPENDICE III. [1665] .....

Rédaction antérieure de la Propoſ. VIII de cette deuxième Partie de la Dioptrique. 379

Étant données les aberrations longitudinales de deux lentilles d'eſpèce différente mais dont les diſtances focales ſont égales, et données de même l'ouverture maximum de l'une et l'oculaire qui lui convient pour compoſer un téleſcope, on demande de déterminer l'ouverture maximum et l'oculaire qu'on doive choiſir pour obtenir la même clarté et la même netteté dans les deux téleſcopes 385

Si dans un téleſcope on conſerve le même objectif mais qu'on remplace la lentille

Page.

oculaire par une autre plus convexe, la vision deviendra moins distincte..... 387

APPENDICE IV. [1665].....

Détermination de la section minimum (cercle d'aberration dans le sens moderne) du faisceau lumineux formé par les rayons parallèles à l'axe après leur passage par une lentilleconvexe..... 390

APPENDICE V. [1665].....

Recherches de 1665 sur l'aberration sphérique longitudinale d'un faisceau de rayons correspondant à un point donné de l'axe de la lentille..... 392

§ 1. Cas d'une lentille biconvexe sur laquelle tombe un faisceau convergent. Détermination de l'aberration sphérique de la surface antérieure. Cas particulier où l'aberration disparaît. Calcul inachevé pour la lentille entière..... 392

§ 2. Cas d'une seule surface convexe sur laquelle tombe du dehors un faisceau divergent..... 397

§ 3. Cas d'une seule surface convexe sur laquelle tombe du dedans un faisceau divergent. Cas particulier où l'aberration est nulle..... 398

§ 4. Cas d'une seule surface convexe sur laquelle tombe du dedans un faisceau convergent..... 400

§ 5. Cas d'une surface plane sur laquelle tombe du dedans un faisceau convergent . 401

§ 6. Vérification du résultat obtenu au paragraphe précédent, en l'appliquant au calcul de l'aberration qui appartient à une lentille planconvexe sur laquelle tombent des rayons parallèles à l'axe; aberration, qui avait été trouvée auparavant par une autre méthode..... 402

§ 7. Vérification du résultat obtenu au § 4 en l'appliquant au calcul de l'aberration d'une lentille biconvexe symétrique sur laquelle tombent des rayons parallèles à l'axe, aberration qui avait été déterminée auparavant par une autre méthode. 405

§ 8. Cas d'une lentille planconvexe sur la surface convexe de laquelle tombe un faisceau convergent de rayons dirigés vers un point de l'axe dont la distance à la surface convexe est égale à quatre fois le rayon de courbure de cette surface 406

APPENDICE VI. 1669.....

Construction d'une lentille composée qui, par rapport à l'aberration sphérique, pourrait rivaliser avec les lentilles hyperboliques..... 408

§ 1. Aberration sphérique longitudinale d'un faisceau divergent tombant du dedans sur une surface concave..... 408

§ 2. Construction d'un objectif composé d'une lentille planconvexe qui reçoit un faisceau de rayons parallèles à l'axe sur sa surface convexe et d'une lentille biconcave dont l'aberration sphérique compense celle de la lentille planconvexe... 411

§ 3. Cas où la lentille planconvexe est remplacée par une lentille biconvexe d'aberration sphérique minimum..... 413

§ 4. Cas où la lentille planconvexe est remplacée par une lentille biconvexe symétrique..... 415

Page.

§ 5. Cas où la lentille planconvexe reçoit les rayons parallèles sur sa surface plane. Comparaison des divers cas. Anagramme 415

APPENDICE VII. [1669] .....

Autre construction d'un objectif composé où l'aberration sphérique de la lentille convexe est compensée par celle d'une lentille concave placée au devant d'elle .. 418

§ 1. Nouvelle détermination de l'aberration sphérique d'un faisceau divergent tombant du dehors sur une surface plane 418

§ 2. Nouvelle détermination de l'aberration sphérique d'un faisceau de rayons parallèles à l'axe tombant du dehors sur une surface convexe 419

§ 3. Nouvelle détermination de l'aberration sphérique d'un faisceau de rayons parallèles à l'axe tombant sur la surface convexe d'une lentille planconvexe .. 419

§ 4. Aberration sphérique longitudinale d'un faisceau divergent tombant sur la surface plane d'une lentille planconvexe 420

§ 5. Calcul des dimensions d'une lentille convexo-concave qui, placée devant une lentille planconvexe, compense l'aberration sphérique causée par cette dernière 422

§ 6. Aberration sphérique d'un faisceau divergent tombant sur une lentille biconvexe symétrique, au cas que la distance du sommet du faisceau à la lentille est égale à deux fois le rayon de courbure des surfaces 424

§ 7. Calcul des dimensions d'une lentille convexo-concave qui placée devant une lentille biconvexe symétrique compense l'aberration sphérique causée par cette dernière 427

APPENDICE VIII. [1669] .....

Examiner le degré de l'approximation avec laquelle on obtient la compensation désirée dans le cas du § 5 de l'Appendice VII 428

§ 1. Calcul, pour un exemple numérique, de la différence entre la valeur exacte de l'aberration sphérique longitudinale dans le cas du § 4 de l'Appendice VII et la valeur approximative d'après ce § 4 428

§ 2. Même calcul pour la lentille auxiliaire compensatrice 429

§ 3. Manière de calculer la valeur exacte de l'aberration sphérique longitudinale d'un faisceau divergent tombant sur une lentille biconvexe symétrique 432

APPENDICE IX. [1689] .....

Démonstration de la proposition d'après laquelle il y a un rapport constant entre les angles après et avant la réfraction de deux rayons qui s'écartent peu de la normale à la surface réfringente et qui passent par le même point de cette surface .. 433

1685—1692. TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE. DES TÉLESCOPES ET DES MICROSCOPES ..... 434—585

DES TÉLESCOPES ..... 434—511

Préface 434

Propos. I. Le télescope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave

Page.

fait apercevoir les objets éloignés diſtinctement et debout; il les groſſit dans un rapport égal à celui de la diſtance focale de la lentille convexe à la diſtance du point de diſperſion de la lentille concave..... 442

Propos. II. Champ de viſion du téleſcope compoſé d'une lentille convexe et d'une lentille concave..... 450

Propos. III. Le téleſcope compoſé de deux lentilles convexes fait voir les objets éloignés diſtinctement mais renverſés; il les groſſit dans un rapport égal à celui de la diſtance focale de l'objectif à la diſtance focale de l'oculaire intérieure.... 454

Propoſ. IV. Faire voir comment on peut, en prenant trois lentilles convexes au lieu de deux, agrandir le champ du téleſcope..... 460

Propoſ. V. Expliquer la conſtruction d'un téleſcope compoſé de quatre verres convexes à l'aide duquel on voit les objets droits et dont le champ eſt vaſte 468

Lemme. Les angles qui ne ſurpaſſent pas 30° peuvent être conſidérés comme proportionnels à leurs ſinus..... 474

Propoſ. VI. Soit donné une pièce de verre limitée par deux ſurfaces planes faiſant un angle inférieur à 19°. Si dans un plan perpendiculaire à l'arête deux rayons tombent ſur le verre en un même point, de manière qu'ils ſont ſitués de l'autre côté de la normale que l'arête et qu'ils ſont avec cette normale des angles inférieurs à 29°, la différence entre les inclinaiſons des rayons incidents ſera égale à la différence des inclinaiſons des rayons à la sortie du verre..... 474

Conſidérations ſur l'aberration chromatique dans les priſmes et dans les lentilles.. 480

Propoſ. VII. Les diamètres des ouvertures des téleſcopes doivent être pris dans un rapport égal à la racine carrée du rapport des diſtances focales des objectifs et de même auſſi les diſtances focales des lentilles oculaires 486

Tableau des ouvertures, des diſtances focales des oculaires, et des groſſiſſements pour des diſtances focales données de l'objectif..... 496

Propoſ. VIII. Si dans deux téleſcopes poſſédant des objectifs dont les distances focales sont égales mais dont les ouvertures ſont différentes, les diamètres de ces ouvertures et les diſtances focales des lentilles oculaires ſont entre eux dans un même rapport, on apercevra les objets avec une netteté égale, et les diamètres apparents des objets feront entre eux dans le rapport inverſe des ouvertures, tandis que les clartés feront dans un rapport égal à la quatrième puiſſance du rapport direct 500

Propoſ. IX. Application des données du tableau de la p. 496 aux téleſcopes deſtinés aux différentes obſervations diurnes ou nocturnes 502

Des Microscopes..... 512—585

Préface..... 512

Propoſ. X. Expoſer la conſtruction et l'emploi des microſcopes ſimples..... 514

Propoſ. XI. Expliquer comment on fabrique les petites ſphères et lentilles et de quelle façon on s'en ſert 520

Page.
Propoſ. XII. Expliquer la conſtruction des microſcopes compoſés..... 526
Propoſ. XIII. De la clarté des images formées par les microſcopes et des ouvertures de ces microſcopes 530
Propoſ. XIV. Lorſqu'un microſcope quelconque compoſé de deux lentilles de la manière décrite dans la Prop. XII eſt donné, on peut, en conſervant la lentille oculaire, trouver un autre microſcope plus court, pour lequel la grandeur apparente de l'objet et la clarté ſont les mêmes, tandis que la viſion eſt plus nette, ou bien la netteté la même et la clarté plus grande..... 534
Propoſ. XV. Comment on peut rendre les microſcopes plus courts et plus groſſiſſants, en conſervant la même clarté et la même netteté, ainſi que la même largeur du faisceau entrant dans la pupille, et auſſi le même rapport de la diſtance de l'objet à la lentille objective à la diſtance de cette lentille à l'image de l'objet, formée par elle..... 542
Lemme 1. L'angle de diſperſion d'un rayon parallèle à l'axe tombant ſur le contour d'une lentille (c'eſt-à-dire l'angle entre le rayon rouge et le rayon violet qui proviennent du rayon blanc) peut être conſidéré comme égal à l'angle de diſperſion d'un rayon émanant d'un point N ſitué ſur l'axe et tombant auſſi ſur le contour de la lentille; la différence ſera d'autant plus faible que les ſurfaces de la lentille ſe couperont ſous un angle plus petit et que l'image du point N ſe trouvera moins éloignée du foyer de la lentille..... 550
Propoſ. XVI. Calculer dans notre microſcope étalon l'angle de l'aberration provenant de la diſperſion et examiner quelle peut être ſa grandeur dans les téleſcopes et dans les microſcopes ſans que cette aberration ſoit nuiſible..... 552
Lemme 2. L'aberration ſphérique longitudinale des rayons parallèles à l'axe ſera à l'aberration ſphérique longitudinale des rayons émanant d'un point N ſitué ſur l'axe à peu près comme le carré de la diſtance focale au carré de la diſtance de l'image du point N à la lentille, et cela d'autant plus exactement que le point N ſe trouve plus éloigné 558
Lemme 3. Soit D un point du contour d'une lentille, O ſon foyer, H le point où le rayon parallèle à l'axe et paſſant par D coupe l'axe après ſa réfraction par la lentille; ſoit de plus N un point de l'axe, B le point où ſe forme ſon image, F le point où le rayon émanant du point N et paſſant par D coupe l'axe après ſa réfraction par la lentille, alors les angles HDO et FDB ſeront à peu près égaux. 560
Propoſ. XVII. Calculer l'angle d'aberration ſphérique dans notre microſcope étalon 560
Lemme 4. Si ſur une lentille convexe tombent des rayons qui ſont parallèles à l'axe ou qui émanent d'un point ſitué ſur l'axe et éloigné de la lentille à une diſtance plus grande que la diſtance focale, ils formeront après la réfraction des angles d'aberration ſphérique à peu près proportionnels à la troiſième puiſſance des diſtances des points d'incidence à l'axe..... 564
Propoſ. XVIII. Comment on peut conſtruire des microſcopes plus courts et plus

Page.

groſſiſſants, dans leſquels on conſerve la même clarté et la même netteté, et qui cependant ne ſont pas ſujets à l'inconvénient d'une plus grande aberration ſphérique comme cela arrive avec les microſcopes plus courts conſtruits d'après la règle obtenue dans la Prop. XV 568

Propoſ. XIX. Calculer la diſtance focale, la poſition et l'ouverture de la petite lentille inférieure dans un microſcope compoſé de deux lentilles convexes, dont la diſtance focale de la lentille oculaire et le groſſiſſement ſont donnés et pour lequel l'angle de l'aberration chromatique, ou bien celui de l'aberration ſphérique, ainſi que la clarté, ſoient les mêmes que dans un autre microſcope donné. 576

Appendice I. [1685] .....

Des lunettes d'approche. Avant-projet de la préface à cette troiſième Partie de la Dioptrique pour autant qu'elle traite les téleſcopes 586

Appendice II. [1685] .....

Rédaction antérieure de cette préface 588

Appendice III. 1682 .....

Copie d'une copie qui fut produite en 1682 par Van der Wal. D'où il ſ'enſuit que ce n'eſt pas Jacques Metius qui fut le premier inventeur du téleſcope, mais plutôt Lipperſheim de Middelburg 591

Appendice IV. [1667] .....

Rédaction antérieure du début de la Prop. I de cette troiſième Partie de la Dioptrique 594

Appendice V. [1667?] .....

Rédaction antérieure de cette même Propoſition 596

Appendice VI. [1654—1662] .....

Varia ſur les lunettes 598

§ 1. [1654]. Sur les téleſcopes de Wieſſel d'Augſburg 598

§ 2. [1655]. Inſtruction pour l'uſage des lunettes à miroir 600

§ 3. [1666]. Sur les téleſcopes à quatre lentilles traités dans la Prop. V de la Troiſième Partie de la Dioptrique 600

§ 4. [1668]. Deſcription d'un téleſcope de Guiſeppo Campani 601

§ 5. [1673]. Grandeur des objets viſibles dans la lune avec une lunette de 60 pieds. 602

§ 6. [1683]. Sur les diaphragmes qui doivent empêcher la lumière qui tombe ſur les parois du tube d'un téleſcope d'atteindre l'oeil de l'obſervateur 603

§ 7. [1683]. Oculaire d'une lunette de Huygens qui ſe trouve à l'Obſervatoire de Leiden 607

§ 8. [1683.]. Sur une lunette de Coveri 608

§ 9. [1684]. Manière d'obſerver les ſatellites de Saturne et d'autres petites étoiles. 609

§ 10. [1686]. Conſidérations ſur la grandeur du champ de viſion; la pupille de l'œl étant ſuppoſée réduite à un ſeul point 611

§ 11. [1692]. Dimenſions de deux téleſcopes de la façon décrite dans la Prop. IV

Page.
de la troisième Partie de la Dioptrique 613
§ 12. [1692]. Calcul dans deux télescopes construits d'après le Tableau de la p. 496 de la largeur auprès de la pupille du faisceau émanant d'un point de l'objet .. 614
§ 13. [1692]. Sur les conditions différentes de l'emploi des lunettes dans une maison et en plein air, pendant le jour et pendant la nuit 614
§ 14. [1692]. Pourquoi les images des objets ne sont pas plus déformées avec l'emploi des oculaires à trois lentilles des télescopes décrits dans la Prop. V de la troisième Partie de la Dioptrique qu'avec l'emploi d'une seule lentille oculaire. Cause de cette déformation 615
APPENDICE VII. [1690?] .....
Comparaison de l'aberration sphérique (ou bien de la déformation de l'image) causée par l'oculaire composé de deux lentilles, décrit dans la Prop. IV de la troisième Partie de la Dioptrique, avec l'aberration causée par une seule lentille oculaire 618
APPENDICE VIII. [1684] .....
Premières recherches sur le rôle de l'aberration chromatique dans les télescopes et dans les microscopes 621
§ 1. Démonstration antérieure de la Prop. VII de la troisième Partie de la Dioptrique 621
§ 2. Sur les deux aberrations (chromatique et sphérique) dans le microscope simple. 624
§ 3. Grandeur de l'aberration chromatique dans un microscope composé de deux lentilles. Comparaison avec le cas d'une seule lentille 626
APPENDICE IX. [1692] .....
Recherches de 1692 sur les deux aberrations (chromatique et sphérique) dans les télescopes et les microscopes 629
§ 1. Remarque sur la distribution de la clarté dans les petits cercles qui doivent leur origine aux deux aberrations 629
§ 2. Comparaison des deux aberrations causées par des lentilles ayant des distances focales et des largeurs différentes. Rapport qui doit exister entre ces dimensions dans deux suppositions différentes sur la grandeur de l'aberration chromatique, afin que les diamètres des cercles d'aberration deviennent égaux pour les deux aberrations. Cas du microscope composé 629
§ 3. Sur l'emploi des lentilles de proportion sextuple, c'est-à-dire d'aberration sphérique minimum, dans les télescopes et les microscopes 631
§ 4. Calcul de l'angle d'aberration sphérique dans un télescope de 30 pieds 633
§ 5. Calcul de l'ouverture qui serait admissible dans un microscope en ne tenant compte que de l'aberration chromatique 634
§ 6. Calcul des deux angles d'aberration dans mon microscope étalon. Conclusions. 634
§ 7. Effet mauvais, à cause de l'augmentation de l'aberration, de l'intervertissement des lentilles oculaire et objective d'un microscope 637

Page.

§ 8. Calcul de l'angle d'aberration ſphérique dans un téleſcope, groſſiſſant dix fois, conſtruit d'après le Tableau de la p. 496 638

§ 9. Calcul de l'angle d'aberration ſphérique dans un téleſcope d'un pied à deux verres convexes et dans un autre de 8 pouces 640

§ 10. Même calcul pour notre petit téleſcope de trois pouces, muni d'une lentille oculaire concave 642

§ 11. Calculs ſur les deux aberrations dans le microſcope compoſé. Avant-projets qui ont ſervi à la rédaction des Prop. XIV, XV et XVIII de la troiſième Partie de la Dioptrique 644

§ 12. Calcul de l'angle d'aberration chromatique dans mon microſcope compoſé étalon 651

§ 13. Calcul de l'angle d'aberration ſphérique dans le même microſcope 652

§ 14. Calcul de l'angle d'aberration ſphérique dans un microſcope plus petit, déduit du microſcope étalon d'après les conſidérations expoſées dans la première partie du § 11, c'eſt-à-dire de manière à poſſéder la même aberration chromatique que le microſcope étalon 653

§ 15. Dans deux lentilles planconvexes de même courbure, mais d'ouvertures différentes, non ſeulement les aberrations longitudinales aux foyers mais auſſi celles appartenant aux faiſceaux émanant de points qui ſe trouvent à égales diſtances de ces lentilles, ſeront proportionnelles aux carrés des diamètres des ouvertures 654

§ 16. Effet de la diminution dans la même proportion de toutes les dimenſions d'un microſcope 656

§ 17. Si dans un microſcope à deux lentilles convexes, où la diſtance focale de la lentille oculaire eſt plus grande que celle de la lentille objective, on intervertit les deux lentilles, on peut arranger l'œil et l'objet de manière à voir l'objet diſtinctement et à obtenir le même groſſiſſement et la même clarté, mais le nouvel arrangement ſera plus mauvais que le premier à cauſe de l'augmentation des deux aberrations 656

§ 18. Démonſtration d'une des inégalités employées dans le paragraphe précédent .. 658

§ 19. Démonſtration du Lemme 2 de la troiſième Partie de la Dioptrique 661

§ 20. Étant donnée la lentille objective, déterminer les dimenſions d'un microſcope par lequel on obtient un groſſiſſement voulu et la même clarté et le même angle d'aberration chromatique qui exiſte dans un microſcope étalon donné .. 663

§ 21. Étant donnée la lentille oculaire, déterminer la diſtance focale, la poſition et l'ouverture de la lentille objective afin qu'on obtienne un groſſiſſement voulu et la même clarté et le même angle d'aberration chromatique qui exiſte dans un microſcope étalon donné. On trouve que de cette manière on peut obtenir un groſſiſſement auſſi fort qu'on le veut 665

§ 22. Même queſtion qu'au § 20. On trouve que de cette manière le groſſiſſement

Page.
ne peut être augmenté que de très peu 668
§ 23. Étant donnée la lentille oculaire, déterminer la diſtance ſocale et la poſition de la lentille objective afin qu'on obtienne un groſſiſſement voulu et la même clarté et la même aberration ſphérique que celles qui exiſtent dans un microſcope étalon donné 670
§ 24. (inachevé). Étant donnée la lentille objective, déterminer les dimenſions d'un microſcope par lequel on obtient un groſſiſſement voulu et la même clarté et le même angle d'aberration ſphérique que ceux qui exiſtent dans un microſcope étalon donné 672
APPENDICE X. [1654—1692] . . . . . .
Varia ſur les microſcopes 674
§ 1. [1654]. Deſcription d'un microſcope; probablement un de ceux qui ont été construits vers 1654 ou 1655 par les frères Huygens 674
§ 2. [1654]. Deſcription d'un microſcope à trois lentilles convexes de Johann Wieſſel d'Augsburg 676
§ 3. [1678]. Deſcription d'un très bon microſcope à trois lentilles à grande ouverture et dans lequel n'apparaît aucune tache due aux lentilles 677
§ 4. [1678]. Sur les microſcopes à boulettes ſphériques. Ouverture, groſſiſſement, éclairage des objets 678
§ 5. [1678]. Machine pour les microſcopes dans leſquels on n'emploie qu'une petite boule de verre 680
§ 6. [1678]. Détails ſur ces machines 681
§ 7. [1678]. Manière d'enchâſſer les boulettes de verre 683
§ 8. [1678]. Preſcriptions pour l'uſage des microſcopes à boulettes ſphériques 684
§ 9. [1684]. Sur la manière d'éclairer les objets dans les microſcopes compoſés ou ſimples 686
§ 10. [1684]. Sur l'inconvénient reſultant de la petite profondeur de la couche qui eſt vue diſtinctement ſous le microſcope avec les forts groſſiſſements. Comparaiſon ſous ce rapport de deux microſcopes différents ayant le même groſſiſſement. 687
§ 11. [1690]. Sur les microſcopes à boulettes ſphériques. Sur l'addition d'une troiſième lentille dans les microſcopes compoſés. Comparaiſon entre les microſcopes ſimples à lentille et ceux à boulette ſphérique entre autres au point de vue de la profondeur de la couche de viſion diſtincte 690
§ 12. Avril 1692. Annotations ſur l'éclairage des objets ſous le microſcope et ſur l'effet de la diffraction ſur la netteté de l'image 694
APPENDICE XI. [1678—1692] . . . . . .
Obſervations microſcopiques 698
Obſervations de 1678—1680 ſur les bactéries et les inſuſoires, ſur le lait, le ſang, les ſpermatozoïdes et quelques autres objets 698
Obſervation de 1692 de la circulation du ſang dans la queue d'une anguille 720

Page.
Obſervations de 1692 ſur les inſuſoires 721
APPENDICE XII. [1678] .....
Réſumé par Huygens d'une lettre de Leeuwenhoek ſur les ſpermatozoïdes et ſur leur rôle dans la reproduction 733
PREMIER COMPLÉMENT à LA „DIOPTRIQUE". [1666—1692] .....
Projets divers pour l'arrangement des matières dans la „Dioptrique" et brouillons de préface et d'autres parties ..... 737—782
§ 1. Deux annotations de l'année 1666 737
§ 2. Projet de 1673 du contenu de la „Dioptrique" 738
§ 3. [1682?] Annotations diverſes 745
§ 4. [1684?] Aperçu d'un traité ſur les teleſcopes 750
§ 5. [1684?] Annotations diverſes à propos de cet aperçu 752
§ 6. [1687]. Titre d'une „Optique. Première Partie" dont la ſeconde Partie contiendrait la préſente „Dioptrique" 754
§ 7. [1690]. Commencement du traité de ma Dioptrique en Français que j'avais deſſein de joindre au Traité de la Lumière, ce qui eſt changé 754
§ 8. [1692]. De l'ordre à obſerver dans notre „Dioptrique" 770
§ 9. [1692?]. Projet de préface. Répertoire de mots et de phraſes pour ſervir dans une rédaction latine de la „Dioptrique" 778
§ 10. [1692?]. Suite du répertoire 782
APPENDICE I. [1690.] .....
Vérification algébrique d'une inégalité employée (p. 51) dans la deuxième partie de la Prop. XII du premier Livre du „Traité de la réfraction et des teleſcopes", qui conſtitue la première Partie de la Dioptrique 783
APPENDICE II. [1694.] .....
Deſſin d'une lanterne magique 786
DEUXIÈME COMPLÉMENT à LA „DIOPTRIQUE". [1667—1691] .....
Recherches ſur la conformation de l'œil et ſur la théorie de la viſion ..... 787—802
§ 1. 1667. Réſultats de la diſſection de l'œil d'une femme par Pecquet 787
§ 2. [1670—1690]. De l'œil et de la viſion 790
§ 3. [1691]. Œil artificiel, ſuppoſé plein d'eau, et dont la ſurface intérieure toute entière reçoit les images des objets très éloignés, puiſque les rayons parallèles paſſant par la pupille ſe réuniſſent ſur cette ſurface après la réfraction 800
§ 4. [1691]. Œil artificiel de verre ſatiſfaiſant à la même condition 802
TROISIÈME COMPLÉMENT à LA „DIOPTRIQUE". [1672—1692] .....
Recherches ſur les lunettes catoptriques ..... 803—819
§ 1. [1672]. Avant-projet des „Réflexions ſur la deſcription d'une Lunette publiée ſous le nom de M. Caſſegrain", publiées dans le Journal des Sçavants du 13 juin 1672 803
§ 2. 1691. Situation réciproque des deux images formées par la ſurface intérieure

Page.

et la ſurface extérieure d'un miroir ſphérique en verre. Conditions pour qu'elles ſe couvrent et pour qu'elles ſe trouvent à une diſtance donnée l'une de l'autre; remarques ſur le téleſcope catoptrique de Newton 805

§ 3. [1692]. Aberration ſphérique d'un miroir de téleſcope catoptrique; arrangement pour que les deux images, formées par les deux ſurfaces d'un miroir ſphérique en verre, ſe trouvent à une diſtance ſuffiſante pour que ſeulement une des images à la fois ſoit viſible diſtinctement; remarques ſur la fabrication des miroirs des téleſcopes catoptriques; aberration chromatique des rayons réfléchis par la ſurface extérieure du miroir après qu'ils ont parcourus pour la deuxième fois l'épaiſſeur du verre 814

QUATRIÈME COMPLÉMENT à LA „DIOPTRIQUE" [1668—1692] .....

Remarques critiques ſur des ouvrages ou des travaux de dioptrique ..... 820—844

§ 1. [1668]. Critique d'un „Addendum" ajouté par Eſchinardo à ſon ouvrage „Centuria Problematum Opticorum" dans lequel ſont traités des téleſcopes très courts à grande ouverture, pouvant être utiles aux myopes 820

§ 2. Mai 1684. Annotations à propos d'un manuſcrit, apporté de Rome, du père Gottignies 825

§ 3. Critique détaillée de la „Dioptrica Nova" (de 1692) de William Molyneux . 826

II. PERSONNES MENTIONNÉES.

Dans cette liste on a rangé les noms sans avoir égard aux particules telles que *de*, *a*, *van* et autres.

Les chiffres gras désignent les pages où l'on trouve des renseignements biographiques.

Les chiffres romains indiquent les pages de l'Avertissement, et les chiffres arabes celles du Texte, où les personnes nommées sont citées.

Académie de Leyde. 134.
„ des Lincei. 586
„ des Sciences. VII, X, 703, 745, 746.
Adriaenssoon (Jacob). 591, 592, 593.
Aersen. 593.
Aëtius. 792.
Alembert (J. le Rond d'). LXXIX.
Alhazen. 4, 5, 144, 740, 747, 772, 778, 779.
Anaxagoras. 440. 441.
Anthonissoon (Adriaen). 591.
Apollonius Pergæus. 30, 31, 755, 757.
Apulejus. 4, 791.
Archimedes. 2, 3, 4, 5, 738, 740, 752, 753, 7
Aristoteles. 2, 3, 4, 772, 792.
Archytas. 4, 791.
Aubrius (Joannes). 6, 436.
Auzout (Adriaen). 601, 833, 836,
Bacon (Roger). **837**, 838, 839.
Baker (Henry). 524.
Barra (Ida). **723**.

Barrow (Ifaac). XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XLIII, CXLVIII, CXLIX, CL, CLXIII, 745, 772, 775, 776, 777, 779, 780, 782, 798, 801, 830, 834.
Bas (le). Voyez Lebas.
Bartholinus. Voyez Berthelfen.
Berthelfen (Erafmus). 739.
Beijerinck (M. W.). CXXXIX, CXL, CXL, CXLI, 703.
Boreel. Voyez Borel.
Borel (Pierre). 436, 437, 840.
Boffcha (Johannes). XXXI, XXXIII, XLI, 5, 198.
Brahé (Tycho). 440, 441.
Braumüller. 167.
Bridges (J. H.). 838.
Brillemaecker [Lunettier] van Middelburg. 592, 748.
Brouncker (William). 735.
Bryas (Charles de). 601.
Butterfield. 716, **717**.
Campani (Giufeppo). LI, LXXXVIII, LXXXIX, XC, XCI, CVI, CVII, 259, 438, 439, 472, 473, 497, 586, 587, 600, 601.
Cartes (René des). IV, V, XIV, XXVII, XXVIII, XLII, LXXXIV, LXXXV, CXLVIII, CLI, 8, 9, 10, 11, 12, 48, 49, 145, 146, 147, 150, 153, 163, 224, 225, 228, 229, 331, 440, 441, 450, 451, 587, 589, 739, 741, 742, 743, 746, 772, 774, 779, 780, 782, 806.
Caffegrain (N.). CLII, 803, 804, 805.
Caffini (Giovanni Domenico). 438, 439, 587, 590, 748, 754, 841, 842.
Cavalieri (Bonaventura). XIX, 753.
Cellio (Marco Antonio). 524.
Cepler. Voyez Kepler.
Chapelain (Jean). V.
Charles I. 836.
Chauliac (Guy de). 837.
Chérubin d'Orléans (Père). XLIV, 831, 832.
Cicero. 622, 741.
Claufius (Rudolph Julius Emanuel). XXXV.
Clavius (Chriftophorus). 758.
Clément IV. 837, 838, 839.
Colbert (Jean Baptifte). VII, IX, X, 350, 602.
Combach (Johannes). 838.
Commandin (Federicus). 31.
Colvius (Andreas). V, CV, 675.
Conon. **753**.

Copernicus. Voyez Kopernik.
Cofmo III. Voyez Medicis.
Cotes (Roger). XLIV, LXXIV, 505.
Couplet (Claude Antoine). VII.
Coveri (Stefano). 503, 608.
Ctefibius. 738.
Czapfki (S.). LI.
Damafcenus (Joannes). 791.
Democritus. 440, 441, 791.
Defcartes. Voyez Cartes (des).
Diogenes Laertius. 791.
Dofitheus. 753.
Drebbel (Cornelis Jacobz.) CVII, 512, 513, 514.
Duillier (Nicolas Fatio de). XXII.
Dunmore (Joan). XX.
Edelheer (Jacobus). XLVII.
Elfevier (Joannes). V, 31.
„ (Louis). V.
Epicurus. 4, 791.
Efchinardo (Francefco). XIX, CLXII, CLXIII, 820, 821, 822, 823, 825.
États généraux. 591, 592, 593.
Euclides. V. 4, 20, 21, 50, 51, 66, 67, 68, 147, 149, 758, 759, 778, 779, 791.
„ (le pfeudo). 778, 779.
Euler (Leonard). LXXIX, LXXX, LXXXI, LXXXII, LXXXIII.
Eutocius. 30, 31, 758.
F? 774.
Fabri (Honorato). XLIV, 745, 774, 833.
Falconieri (Paolo). 747, 837.
Fermat (Pierre de). XXVII, XXXVII, 834.
Fine (Oronce). 839.
Flamfteed (John). 829, 835, 841.
Folkes (Martin). CXLI.
Fontana (Francifcus). 512, 513, 587, 590, 840.
Frefnel (Auguftin Jean). CII.
Fullenius (Bernard). XII, LXVI, LXXXII, XCIV, CXLIX, CL, CLXIV, 2, 21, 67, 125, 261, 267, 435, 466, 473, 475, 487, 496, 503, 553, 568, 569, 752, 753, 771.
Galilei (Galileo). XLIV, 438, 439, 458, 459, 586, 588, 589, 590, 738, 740, 748, 825, 832, 841.
Gallet (Jean Charles). 841.
Gallois (Jean). CLI.
Gafcoigne (William). 836.

Gaſſendi (Pierre). 590, 844.
Gauss (Karl Friedrich). XXII, XXV.
Gedeon. 840.
Gleichen (A.). L.
Godbid (William). XX.
Golius (Jacobus). 7, 8.
Gordon (Bernard). 837.
Gottigniez (Gilles François de). CLXII, CLXIII, 825.
Graef (Reinier de). 735, **736**.
Graevius (George). 777.
Graveſande (Willem Jacob Storm van 's). CLXIV, 125.
Gregorius à St. Vincentio. IV, V, XLIX, 225.
Gregory (James). XXX, XLIII, XLV, CLII, 782, 803, 804, 822, 827, 828, 831, 834.
Grevius. Voyez Grew.
Grew (Nehemiah). 733, 734, 735.
Grimaldi (Franceſco). CII.
Gutſchoven (Gerard van). XIX, XLVI, XLVII, 11, 12, 19, 84, 85, 87, 151, 153
Gyldenſtolpe (Michaël Wexonius). 825.
„ (Nils). **825**.
Haaxman (Pieter Jacob). 903.
Halley (Edmund). XXIII, 835, 841.
Hamilton (William Rowan). XXXV.
Hartſoeker (Nicolaas). LXXII, LXXIV, 520, 521, 678, 684, 704, 705, 726.
Heliodorus Larissæus. 4.
Hérigone (Pierre). XXIV, 475.
Herodotus. 791.
Hero Alexandrinus. 738.
Hevelius (Johannes). 590, 603, 841.
Hipparchus. 440, 441, 791.
Hire (Philippe de la). 715, 775, 791, 836.
Hodierna (Giovanni Battiſta). 841.
Hooke (Robert). 523, 735, 742, 835, 836, 843.
Hoſkyns (John). 826.
Hudde (Johan). CVI, 166, 366, 370, 391, 520.
Huygens (Conſtantyn), père. V, VI, XLVII, CIV, CV, CVI, 513, 526, 674, 698, 699.
„ „ frère. V, VII, VIII, XI, XLVII, XC, XCVII, XC, CIV, CV, CVI, CVII, CXIII, CXIV, CXXXVIII, CXXXIX, CLXII, 173, 265, 332, 333, 350, 351, 440, 441, 496, 518, 520, 601, 603, 607, 609, 674, 675, 687, 698, 699, 701, 703, 717, 806, 816, 843.
„ (Lodewijk). XXXVII, 9, 333, 335.
Janſen (Zacharias). LXXXIV, 436, 437, 586, 748, 840.

Janſen (Zacharias), fils. 840.
Jeſſenius. 781.
Kaiſer (Frederik). 609.
Keffelaer. 598, 599.
Kepler (Johannes). XVIII, XIX, XXX, XLIII, XLIV, L, LI, LXXXIV, CXLV, CXLVIII, 6, 7, 8, 144, 145, 440, 441, 461, 474, 589, 590, 740, 741, 746, 747, 771, 779, 780, 781, 792, 827, 832, 841.
Kinner von Löwenthurn (Gottfried Aloys). III, IV, V, XL, 198.
Kirchhoff (Robert). XXXV.
Kopernik (Nicolas). 440, 441.
Korteweg (D. J.). 9.
Laboratoire de phyſique de l'Univerſité d'Amſterdam. XCVIII.
Laërce (Diogène). 791.
Lagrange (Joſeph Louis). XXXII, XXXIII, XXXIX.
Lebas (veuve). CXIV.
Leeuwenhoek (Antony van). CVI, CVII, CXXXIX, CXL, CXLI, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 698, 699, 702, 703, 733, 734, 735, 736, 842, 903.
Leibniz (Gottfried Wilhelm). X, XI, CII, 834.
Léopold (le prince de Toſcane). Voyez Medicis.
Lepſius (R.). 135.
Liouville (Joſeph). XXXVII.
Lipperſheim, ou Lipperſhoy (Johannes). LXXXIV, 436, 437, 586, 588, 591, 592, 748, 840
Lipſtorp (Daniel). V.
Liſting (Johann Benedict). XXV, CXLIV, CXLV.
Löffler (F.). 703.
Lorentz (H. A.). XXXVI.
Louis XIV. VII, 331
Louis Napoléon, roi de Hollande. 133.
Lucianus Samoſatenſis. 842.
Lucretius. 3, 791, 792.
Magnanus. Voyez Maignan.
Maignan (Emanuel). 834.
Maindron (E.). VII.
Manget (Jo. Jacob). 839.
Mariotte (Edme). 791, 795, 829, 830.
Marnius (Claudius). 6, 436.
Martin (H.). 738.
Maurice, Prince d'Orange. Voyez Naſſau
Maurolycus (Franciſcus). LXXII, 747.
Medicis (Coſmo III de). 736.
„ (Leopoldo de). VII.

Metius (Jacob). LXXXIV, 436, 437, 586, 587, 588, 589, 591, 592, 738, 748, 840.
„ (Johan). 593.
Moll (G.). 591, 592, 593.
Molyneux (Thomas). 835.
„ (William). XXII, XXIII, XXIV, XXX, XLIII, XLIV, LII, LXXII, LXXIII, LXXIV, CXLVII, CXLVIII, CLXII, CLXIII, 770, 771, 772, 778, 782, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, **840**, 841, 842, 843, 844.
Moray (Robert). V, VI, 9, 332.
Morland (Samuel). 805.
Mofer (Ludwig Ferdinand). XXV.
Müller (Johann) (Regiomontanus). 440, 441.
Müller (Johannes). CXLVII.
Mufeum (the Britifh). 821.
Naffau (Maurits van). 592, 593.
Needham (John Tuberville). 525.
Newton (Ifaac). IX, X, XI, XX, XLVIII, LXV, LXVI, LXXI, LXXII, LXXIII, LXXIV, XCIV, XCIX, C, CII, CXLIX, CLI, CLII, CLIV, CLV, CLVI, CLVII, CLVIII, CLIX, CLXII, 273, 314, 409, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 500, 504, 505, 554, 625, 631, 636, 639, 643, 771, 772, 775, 777, 804, 806, 812, 814, 815, 827, 829, 835, 842.
Niquet. V, **VII**, XLVIII, 2, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 27, 31, 47, 49, 61, 62, 77, 81, 106, 111, 113, 114, 121, 123, 124, 125, 129, 130, 131, 132, 135, 139, 143, 172, 176, 177, 185, 186, 187, 191, 192, 193, 196, 209, 217, 219, 221, 222, 223, 225, 229, 230, 235, 245, 249, 252, 259, 261, 263, 265, 266, 280, 283, 307, 308, 309, 313, 314, 319, 339, 434.
„ (Honorat). **VII**.
Nucerello (Geronimo). 738.
Obfervatoire de Leyde. (l'). XC, 441, 598, 607.
Oldenburg (Heinrich). VIII, IX, XX, XXVIII, LXXI, CVII, CXLIX, CLI, CLV, 291, 409, 484, 743, 777, 803, 805, 806, 843.
Olympiodorus. 4.
Paige (C. le). XXVIII.
Pardies (Ignace Gafton). 739, 742, 743.
Paris (Guillaume de). 838, 839.
„ (Jean de). 838, **839**.
Parmenides. 791.
Paulus (Maître). XLVI, XLVII.
Pecquet (Jean). CXLIV, CXLVI, 787, 788, 791, 795, 830.
Perntner (J. M.). 167.
Perrault (Claude). 791, 795.

Petit (Pierre). XV, 601, 836.
Philolaus. 440, 441.
Picard (Jean). XXIII, XXV, XXIX, XLV, LXXII, LXXIII, 774, 836, 844.
Pivert. VII.
Plato. 3, 4, 440, 441.
Platterus. 781.
Plinius Secundus (Gajus). 839.
Plott (Robert). 839.
Plutarchus. 3, 791.
Pockels (F.). CIII.
Porta (Giambattiſta). LXXXIV, 436, 437, **586**, 588, 738, 740, 746, 747, 748, 780, 792, 840.
Porta (frère de Giambattiſta). 586.
Power (Henry). 523.
Prêcheurs de St. Katharina à Piſa (les frères). 837.
Prey (la). Voyez Lipperſheim.
Ptolemæus. 3, 4, 5, 437, 738, 752, 778, 779.
Pulleyn (Octavianus). XX.
Pythagoras. 440, 441, 791.
Ramſden (Jeſſe). LII, 256.
Rayleigh (John William Strutt, Lord). 504, 505.
Redi (Franceſco). 747, 837.
Regiomontanus. Voyez Müller (Johann).
Rheita (Anton Maria Schyrlaeus). 587, 590.
Riccioli (Giovanni Baptiſta). 590.
Richer (Jean). VII.
Rivalto (frère Jordan de). 836, 837.
Roberval (Gilles Perſonne de). XVIII.
Rohault (Jacques). 742, 777.
Römer (Olaf). 521, 684, 704, 708, 711, 716, 717, 743, 835.
Royal Society. XX, XXVIII, XL, LIII, LXV, CXLI, 291, 417, 702, 733, 734, 735, 826, 843.
Rubeis (Lemnius de). 820.
Ruyt (Cornelia de). **723**.
Scandio de Pipozzo. 837.
Schacht (Lucas). 736.
Scheiner (Chriſtoph.). XLIX, 589, 590.
Schooten (Frans van). V, XIX, XLVI, XLVII, CV, 30, 31, 48, 49, 64, 265, 394.
Scoto (Ottoviano). 738.
Scotus. Voyez Gregory (James).
Sextus Empiricus. 792.

Sirſalis (Hieronymus). 512, 513.
Sirturus (Hieronymus). 436, 437, 512, 513, 748, 840.
Sluſe (René François de). V, VI, XVIII, XXVI, XXVIII, 207, 303.
Smith (Robert). XLI, XLIV, LXXIV, LXXV, LXXVI, LXXVII, LXXVIII, CXXXVII, CXLI, CXLVIII, 505.
Snellius (Willebrordus). XIV, 6, 7, 8, 9, 737, 741, 746, 747, 772, 780.
Southall (James P. C.). XLI, LXXVII, 396.
Spallanzani (Lazaro). 525.
Spina (Alexander de). 837.
Spon (Jacob). 837.
Steigerthal (Johannes Georg). 826.
Stobæus (Johannes). 791, 792.
Stoïciens (les). 4.
Straton. 792.
Stratton (G. M.). CXLVII.
Straub (Manuel). CXLIII, CXLIV, CXLVI.
Straubel (R.). XXXIV, XXXV, XL.
Suetonius (Cajus). 777.
Swammerdam (Joannes). 523.
Swartz (Barthold). 839.
Swellengrebel (N. H.). CXXXIX, 703.
Swinden (Jan Hendrik van). 133, 135, 591.
Tacquet (Andreas). IV, XIX, 87, 844.
Tange (R. A.). XCIII.
Théon d'Alexandrie. 4, 791.
Theophraſtus. 792.
Thompſon (Silvanus P.). 821.
Thuret (Iſaac). 704, 706, 711, 712, 715.
Timagoras. 792.
Timmerman (Georgius). 722, **723**.
Torricelli (Evangeliſta). 750, 757.
Townley (Richard). 836.
Tſchirnhaus (Ehrenfried Walther Freiherr von). CVII.
Tycho. Voyez Brahé.
Tzetzes (Johannes). 4.
Venturi (Giovanni Battiſta). 738.
Vieta (François). 150, 151.
Vinci (Leonardo da). CXLVIII.
Vitellio. 4, 5, 6, 7, 740, 772, 778, 779, 881.
Vitruvius (Marcus). 3.
Voet (Meſdam.). 722, **723**.

Voet (Paulus Gijſbertus). **723**.
Volder (Burchard de). XII, LXVI, LXXXII, XCIV, CLXIV, 2, 21, 67, 125, 261, 267, 435, 473, 466, 473, 475, 487, 496, 503, 553, 568, 569, 752.
Voſſius (Iſaac). CV, 9.
Voye (de la). VII.
Wal (Hadrianus van der). 591.
Wallis (John). 587.
Wechel (Andreas). 436.
Wheatſtone (Charles). CXLVIII.
Williamſon (Joſeph). 734, 735.
Winkelmann (A.). LI, CIII.
Wieſſel (Johann). 598, 599, 676.
Wiſelius. Voyez Wieſſel.
Wood (Anthony a). 838.
Worp (J. A.). 513.
Zacharias. Voyez Janſen.
Zeeman (P.). XCVIII.
„ (W. P. C.). CXLVI.

III. OUVRAGES CITÉS.

Les chiffres gras désignent les pages où l'on trouve une description de l'ouvrage.

Les chiffres romains donnent les pages de l'Avertissement, les chiffres ordinaires celles du Texte, où il est question de l'ouvrage.

Aëtius, Placita. 792.

Alhasen, Opticæ Thesaurus, Libr. 7, Ed. *F. Risuer*, 1572. 4, 5, 778, 779.

Apollonius Pergæus, Conicorum Libr. 4. Ed. *F. Commandinus*, 1566. 30, 31.

Apulejus, Apologia sive de Magia. 4, 791.

Archimedes, Catoptrique. **4**, 738.

„ Livre sur la combustion produite à l'aide des miroirs. 4.

Aristoteles, Meteorologia 4.

„ Problematum sectiones duæ de quadraginta. 3.

A. Auzout, Dioptrique. **833**.

„ Instance to Mr. *Hook* for communicating his contrivance, 1665. **843**.

„ Judgment touching the apertures of object-glasses, 1665. **833**.

„ Letter containing a way of his, for taking the Diameter of the planets, etc. 1666. **836**.

„ Manière exacte pour prendre les Diamètres des planètes, etc. 1667. **836**.

R. Baco, Epistola de Secretis operibus Artis et Naturæ et de Nullitate Magiæ, 1542. 838, **839**.

„ Opus majus ad Clementem Papam. ed. *S. Jebb*, 1733. 837, **838**.

„ Opus majus. ed. *J. H. Bridges*, 1897. **838**.

„ Perspectiva, opera et studio Joh. Combachii, 1614. **838**.

H. Baker, Employment for the microscope, 1753. **524**.

Is. Barrow, Lectiones Opticæ & Geometricæ, 1669. **XX**, XXI, XXII, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XLIII, CXLVIII, CXLIX, CLXIII, 772, 775, 776, 777, 779, 780, 782, 801, 830, 834.

E. Bartholinus, Experimenta crystalli islandici, 1669. 739.

De Bercé, Extrait d'une lettre touchant la trompette à parler de loin et la nouvelle lunette, 1672. 803, 804, 805.

M. W. Beijerinck, De infufies en de ontdekking der bakteriën, 1913. CXLI, **703**.

P. Borellus, De vero Telefcopii inventore, 1655. 739, 840.

J. Boffcha, *Chriftian Huygens*. Difcours prononcé le 8 juillet 1895, 1896. XXXI, XXXIII, XLI, **198**.

„ Note relative à la remarque de *Huygens*, etc. 1908. **5**.

Butterfield, Letter about the making of microfcopes, 1678. **717**.

„ Ses autres ouvrages. **717**.

R. des Cartes, Dioptrique, 1637. V, 9, 145, 224, 225, 228, 229, 331, 450, 743, 779.

„ Difcours de la Méthode, etc. 1637. V.

„ Geometria, op. Fr. a Schooten, 1659. 48, 49, 150, 166, 366, 370, 391.

„ Météores, 1637. V, 9, 10, 11, 146, 153, 163.

„ Œuvres, éd. de Charles Adam et Paul Tannery, XXVII, 9, 146, 147, 150, 153, 163, 224, 225, 228, 229, 331, 450, 743, 779.

N. Caffegrain, Extrait d'une lettre fur les proportions des trompettes à parler de loin, 1672. **805**.

G. D. Caffini, Extract from the Journal des Sçavans giving an account of two new fatellites of Saturn, 1686. **842**.

„ Découverte de deux nouvelles planètes autour de Saturne, 1673. 438, 439. Traduction anglaife, 1673. **842**.

„ Letter giving his corrections of the theory of the five fatellites of Saturn, 1687. **841**.

„ Some new obfervations concerning the two planets about Saturn, 1677. **842**.

B. Cavallerius, Exercitationes Geometricæ Sex, 1647. XIX.

G. de Chauliac, Grand Chirurgery, 1363. 837.

Chérubin d'Orleans, La dioptrique oculaire, 1671. 831, 832.

Cicero, De divinatione. 741.

S. Czapfki, Das Fernrohr, 1906. **LI**.

Johannes Damafcenus, Sententiæ ex Parallelis facris, etc. 791.

J. B. Denis, Recueil des Mémoires et Conférences fur les Arts et les Sciences, 1672. 804, 805.

Diogenes Laërtius, De Vitis Philofophorum libri X. 791.

Fr. Efchinardi, Centuria Problematum Opticorum, 1666. XIX, CLXII, CLXIII, 820, 821, 822, 823, 825.

Euclides, Elementorum Libri XV, auctore Chr. Clavio, 1507. 758, 759.

„ Elementa. 21, 66, 67, 147, 149, 758.

„ Catoptrica. 4, 779.

„ Optica. 778, 791.

„ Opera omnia, ed. Heiberg. 778, 779.

L. Euler, Dioptrica pars prima, 1769. **LXXIX**.

„ „ „ fecunda, 1770. **LXXIX**, LXXX, LXXXI, LXXXIII.

L. Euler, Dioptrica pars tertia, 1771. **LXXIX.**
H. Fabri, Physica i. e. Scientia Rerum Corporearum in X Tractatis distributa, T. II. 1670. **745**, 746.
„ Synopsis optica, 1667. 774, 832, 833.
Fr. Fontana, Novæ cœlestium terrestriumque rerum observationes, 1646, 512, 513, 590, 840.
G. Galilei, Sidereus Nuncius, 1610. 832, 841.
J. Ch. Gallet, Système nouveau des apparences des planetes, 1684. 841.
„ Système des apparences de Saturne, 1684. 841.
P. Gassendi, Epist. 4 de Magnit. Solis humilis & sublimis. 844.
A. Gleichen, Lehrbuch der geometr. Optik, 1902. **L.**
B. Gordon, Lilium Medicinæ, 1305. 837.
G. Fr. de Gottignies, Manuscrit. CLXIII, **825**, 826.
„ Ouvrages. 825.
R. de Graaf, De fucco pancreatico, 1671. **736.**
„ De mulierum organis, 1672. **736.**
„ Opera omnia, 1678. 736.
G. Grævius, C. Suetonius Tranquillus, 1691. **777.**
J. Gregory, Optica Promota, 1663. XXX, XLIII, XLV, 782, 803, 822, 828, 831, 834.
Fr. Grimaldi, Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride, aliisque adnexis, Libri II, 1666. CII.
P. J. Haaxman, Antony van Leeuwenhoek, 1871. **903.**
Edm. Halley, A correction of the Theory of the Motion of the Satelite of Saturn, 1683. **811.**
„ An Instance of the Excellence of the Modern Algebra, 1693. XXIII.
N. Hartsoeker, Essay de Dioptrique, 1694. LXXIV.
Héliodore de Larisse, Optique. 4.
P. Hérigone, Cours mathematique demonstré, 1634—1655, XXIV, 475.
Héron d'Alexandrie, Catoptrica. **738.**
„ Opera omnia, 1900. **738.**
J. Hevelius, De Nativa Saturni Facie, 1656. 841.
Ph. de la Hire, Dissertation sur la conformité de l'œil, 1685. 791.
R. Hooke, A method by which a Glass of small Plano-convex Sphere, etc. 1666, 835, **836.**
„ Micrographia, 1667, 523, 742.
Chr. Huygens, Astroscopia compendiaria, 1684. X, LXXXIV, 436, 440, 441, 589, 750, 752, 753, 774, 806, 835.
„ Boeckje (Manuscrit). 598.
„ Commentarii de formandis poliendisque vitris ad telescopia, 1703. 171, 441, 816.
„ Cosmotheoros, 1698. XLIV.
„ De Circuli Magnitudine inventa, 1654. V, 2.
„ Démonstration de la justesse du niveau, 1680. X, 2, 752, 753, 772, 774, 843.
„ De Saturni Luna Observatio nova, 1656. LXX, 511.

Chr. Huygens, Diſſertatio de Coronis et Parheliis, 1703. X, 2, 12, 13, 739, 741, 753, 772.
„ Extrait d'une Lettre touchant la Lunette Catoptrique de M. Newton, 1672. 806.
„ Horologium, 1658. V.
„ Horologium oſcillatorium, 1673. VII.
„ Nouvelle invention d'un niveau à lunette, 1680. X, 2, 752, 772, 753, 774, 843.
„ Opera reliqua, 1728. CLXIV, 125.
„ Opuſcula poſtuma, 1703. XXII, LXVI, LXXII, LXXXII, XCIV, CLXIV, 2, 21, 21, 125, 261, 267, 435, 441, 446, 473, 475, 496, 503, 505, 514, 553, 561, 568, 753, 816.
„ Réflexions ſur la deſcription d'une Lunette publiée ſous le nom de M. *Caſſegrain*, 1672. 803.
„ Relation d'une Obſervation d'un Halo ou Couronne à l'entour du Soleil, 1667. 741.
„ Syſtema Saturnium, 1659. V, XLIV, XC, 335, 435, 438, 439, 472, 473, 826, 832, 836, 841.
„ Theoremata de Quadratura Hyperboles, ellipſis et circuli, 1651, 2.
„ Traité de la lumière, 1690. VII, X, XI, XXV, XXXVII, CII, CXLII, CXLIII, 117, 140, 141, 276, 738, 739, 741, 743, 745, 747, 749, 750, 752, 754, 757, 766, 770, 772, 773, 778, 779, 834.
Conſt. Huygens, Fragment d'autobiographie, 1897. **513**.
F. Kaiſer, Iets over de kijkers van de Gebroeders Chriſtiaan Huygens, 1846. **609**.
J. Kepler, Ad Vitellionem Paralipomena, quibus aſtronomiæ pars optica traditur, 1604. **6**, 7, 740, 741, 747, 779, 780, 781.
„ Dioptrice, Ed. F. Riſner, 1611. XIX, XXX, XLIII, L, LI, 144, 145, 474, 590, 741, 771, 780, 792, 793, 832.
D. J. Korteweg, Deſcartes et les Manuſcrits de Snellius, 1896. 8. **9**.
J. L. Lagrange, Sur la Théorie des Lunettes, 1780. **XXXII**, XXXIII.
„ Recherches ſur pluſieurs points d'analyſe, 1803. XXXII, XXXIII, **XXXIX**.
A. van Leeuwenhoek, Letter wherein account is given of the manner of obſerving little animals, 1677. **703**.
„ Microſcopical obſervations concerning blood, etc. 1674. **698**.
„ More microſcopical obſervations, 1694. **698**.
„ Obſervationes de natis e ſemine animalculis, 1678. **702**, 733, 735.
„ Obſervations communicated in a Dutch letter, 1677. **703**.
„ Ontledingen en ontdekkingen, 1686. **525**.
„ Opera omnia, 1722. 523, 702.
„ Other obſervations about ſweat, etc. 1674. **698**.
G. W. Leibniz, Unicum Opticæ, Catoptricæ & Dioptricæ Principium, 1682. 834.
R. Lepſius, Die Längenmaaſſe der Alten, 1884. **135**.
J. B. Liſting, Beitrag zur phyſiol. Optik, 1845. **XXV**, CXLIV, CXLV.

F. Löffler, Vorlesungen über die geschichtl. Entwicklung der Lehre von den Bakterien, 1887. **703**.

H. A. Lorentz, Sur une formule générale de l'optique, 1913, 1914. **XXXVI**.

T. Lucretius Carus, De rerum natura. 3, 791, 792.

E. Maignanus, Cursus Philosophicus, 1673. 834.

E. Maindron, Historie de l'Académie Royale des Sciences, 1888. **VII**.

„ L'ancienne Académie des Sciences, 1895. **VII**.

Jo. Jac. Mauget, Bibliotheca Chemica Curiosa, 1702. **839**.

E. Mariotte, Lettre à Monsieur *Pecquet*, 1668. 791, 795, 830. Traduction anglaise, 1668. **830**.

„ Nouvelles découvertes touchant la vue, 1668. 791, 795.

„ Réponse à la lettre de Monsieur *Perrault*, 1668. 791, 795.

„ Seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, 1668. 791, 795 830. Traduction anglaise, 1670. **830**.

H. Martin, Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie, 1854. **738**.

Fr. Maurolycus, Diaphanorum partes seu libri tres, 1613. **747**.

„ Theoremata de Lumine et Umbra, 1613. **LXXII**.

M. G. Moll, Geschiedkundig onderzoek naar de eerste uitvinders der verrekijkers, enz. 1831. **591**.

W. Molyneux, Dioptrica nova, 1692. XXII, XXIII, XXIV, XXX, XLIII, LII, LXXIII, LXXIV, CXLVII, CLXIII, 770, 772, 772, 778, 782, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843.

„ Letter concerning the circulation of the blood, 1685. **843**.

Joh Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes, 1826. **CXLVII**.

Is. Newton, Accompt of a new catadioptrical telescope, 1672. **812**, 813, 814.

„ Extract of a letter concerning the number of colors, etc., 1673. **IX**.

„ Lectiones opticæ ex Mss. editæ, 1729 **LXXI**, LXXII, LXXIII.

„ Letter containing his theory about light and colors, 1672. XCVI. 483, 484, 487.

„ Letter containing some suggestions about his new telescope, 1672. **815**.

„ Optice, sive de Reflectionibus, Refractionibus & Coloribus Lucis Libri tres, 1706. **LXXIII**.

„ Optics; or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light, 1704. LXXIII.

„ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, 1687. CII, 835, 842.

G. Nucerello, Sphæra mundi noviter recognita, etc. 1518. **738**.

Olympiodorus, Commentaire sur la Météorologie d'*Aristote*. 4.

C. le Paige, Correspondance de *De Sluse*, 1884. XXVIII.

J. G. Pardies, La Statique ou la Science des Forces mouvantes, 1673. 739.

„ Traité des réfractions (Manuscrit). 743.

J Pecquet, Nouvelle découverte touchant la vue, 1668. 791, 795.

J. M. Pernter, Meteorologische Optik, 1906. **167**.

P. Perrault, Lettre à Monsieur *Mariotte*, 1668. 791, 795.

P. Petit, Extrait d'une lettre au *R. P. de Billy*, 1667. **836**.
J. Picard, Fragments de Dioptrique, 1693. **XXIII**, XXV, XXIX, XLV, LXXIII.
Plato, De Republica. 3.
C. Plinius fecundus, Hiſtoriæ Naturalis libri XXXVIII. 839.
R. Plott, Natural Hiſt. of Oxfordſhire. 839, 840.
Plutarchus, de Placitis Philoſophorum. 3, 791.
F. Pockels, Beugung des Lichtes, 1906. **CIII**.
J. B. Porta, De refractione optices parte Libri Novem. 1593, 586, **746**, 747, 780, 781, 792.
„ Magiæ Naturalis Libri Viginti 1591, **436**, 437, 586, 587, 740, 748, 780, 781, 792, 840.
„ Pluſieurs autres ouvrages. **587**, **588**.
H. Power, Experimental Philoſophy, 1664. 523, 748.
Claudius Ptolemæus, Conſtructionis magnæ Libri XIII (Almageſtum), 1538. 3, 4, 5, 778, 779.
„ De Speculis liber, 1518. **738**.
J. W. Strutt, *Lord Rayleigh*, Notes, chiefly hiſtorical, on ſome fundamental propoſitions in optics, 1886. **504**.
Fr. Redi, Curioſe Ricerche d'antichita, 1683, **747**, 837.
„ Lettere intorno all' invenzione degli Occhiali, 1683. **747**, 837.
A. M. Schyrlæus de Rheita, Oculus Enoch et Eliæ, 1645. 590.
Jordani de Rivalto, Book of Sermons, 1305. 836.
J. Rohault, Tractatus Phyſicus, Latinitate donatus per Th. Bonetum, 1674. 777.
Chr. Scheiner, Roſa Urſina ſive Sol varius, 1630, XLIX, 589.
„ Pluſieurs autres ouvrages ſur les taches ſolaires. 589.
Fr. van Schooten, Exercitationum Mathematicarum Libri III, 1656. 30, **31**.
Sextus Empiricus, Pyrrhoniæ hypotypoſes. 792.
H. Sirturus, Teleſcopium, 1618. 436, 512, 748, 840.
R. F. de Sluſe, Correſpondance. Voyez Paige (le).
R. Smith, A compleat ſyſtem of Opticks, 1738. **XLIV**, LXXIV, LXXV, LXXVI, LXXVII, LXXVIII, CXXXVII, CXLI, CXLVII, CXLVIII, 505.
W. Snellius, Manuſcrit perdu ſur la réfraction, 6, 7, 8, 741, 746.
J. P. C. Southall, The principles and methods of geometrical optics, 1910. XLI, LXXVII, **396**.
J. Spon, Recherches curieuſes d'antiquité. 837.
Johannes Stobæus, Profani ſcriptores. 791, 792.
G. M. Stratton, Some preliminary experiments on viſion, 1896. **CXLVII**.
„ Viſion without inverſion of the retinal image, 1897. **CXLVII**.
M. Straub, Eine bisher nicht veröffentlichte Schrift von Chriſtian Huygens, 1908. **788**, 791.
„ Ueber die Aetiologie der Brechungsanomalien des Auges und den Urſprung der Emmetropie, 1909. **CXLVI**.
R. Straubel, Über einen allgemeinen Satz der geometriſchen Optik, 1903. **XXXIV**.
J. Swammerdam, Hiſtoria Inſectorum Generalis, 1669. 523.

J. H. Van Swinden, Tables de Comparaiſon entre les Meſures hollandaiſes de longueur et le Mètre, 1812. 133.
A. Tacquet, Opera mathematica, 1669: Optica tribus libris expoſita. 844.
R. A. Tange, Die normalen Pupillenweiten nach Beſtimmungen in der Poliklinik, 1901. **XCIII**.
Theon d'Alexandrie, Commentaire ſur l'Almageſte de Ptolemée. 4.
R. Townley, Letter to Dr. *Croon*, 1667. **836**.
„ A Deſcription of an Inſtrument, etc. 1667. **836**.
Johannes Tzetzes, Hiſt. var. Chiliades. 4.
G. B. Venturi, Commentarij ſopra la ſtoria e le teorie dell ottica, 1814. **738**.
Fr. Vieta, Opera Mathematica, Ed. Fr. à Schooten, 1646. 150, 151.
Vitellio, Opticæ libri X, Ed. F. Riſner, 1572. 4, 5, 6, 7, 778, 779.
M. Vitruvius Pollio, De Architectura. 3.
If. Voſſius, De Lucis Natura et Proprietate, 1662. 9.
Ch. Wheatſtone, On ſome remarkable, and hitherto unobſerved, phenomena of Binocular Viſion, 1838. **CXLVIII**.
A. Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. VI, Optik, 1906. **LI**, CIII.
A. a Wood, Hiſt. et Antiquit. Univerſit. Oxonienſis. 838, 839.
W. P. C. Zeeman, Linſenmeſſungen und Emmetropiſation, 1911, **CXLVI**.

Acta Eruditorum. 834.
Acta Societatis Regiæ Anglicanæ. Voyez Philoſophical Tranſactions.
Almanach de l'Annee 1686. 721, 722.
Annali di Matematica. XXXVI.
Archiv der Augenheilkunde. XCIII.
Archives du Muſée Teyler. XXXVI.
Archiv für Ophtalmologie (v. Graefe's). CXLVI.
Archives Néerlandaiſes. XXXI, XXXIII, XLI, 5, 198.
Bijdragen en Mededeelingen van het Hiſtoriſche Genootſchap te Utrecht. 513, 514.
Divers Ouvrages de Mathématique et de Phyſique, par Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences, 1668. XXIII, XXIX, XLV.
Jaarboek van de Koninklijke Academie van Wetenschappen te Amſterdam. 703.
Journal des Sçavans. CLI, CLV, 2, 523, 803, 804, 805, 806.
Kliniſche Monatſblätter für Augenheilkunde, Neue Folge. CXLIII, 788.
Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, 1666—1699. Édition de Paris. LXXIII.
Mémoires de la Société Hollandaiſe des Sciences. 134.
Mémoires preſentés à l'Académie des Inſcriptions et Belles Lettres. 738.
Nieuw Archief voor Wiſkunde. 9.
Nieuwe Verhandelingen der eerſte klaſſe van het Koninklijk Nederlandſch Inſtituut van Wetenſchappen, Letterkunde en Schoone Kunſten. 591.
Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres, Berlin. XXII, XXXIX.

Philoſophical Magazine. 504.
Philoſophical Tranſactions. XXIII, CXLVIII, 483, 484, 485, 486, 487, 523, 524, 525, 698, 702, 703, 717, 735, 736, 814, 830, 833, 836, 841, 842, 843.
Phyſikaliſche Zeitſchrift. XXXIV.
Programme de la Société Hollandaiſe des Sciences. 5.
Pſychological Review. CXLVII.
Revue de Métaphyſique et de Morale. 9.
Verſlagen en Mededeelingen van het Koninklijk Nederlandſch Inſtituut. 609.
Vocabulario degli Accademici della Cruſca, 1623. 836, 837.

IV. MATIÈRES TRAITÉES.

Dans cette Table les matières ſcientifiques traitées dans ce Volume XIII ont été groupées ſous divers articles généraux, ſavoir:

Algèbre.	Chimie.	Optique.
Anagrammes scientifiques.	Chronométrie	Philologie.
Anatomie.	Géodéſie.	Philoſophie.
Appel à Paris de Chriſtiaan Huygens.	Géographie.	Phyſiologie.
	Géométrie.	Phyſique.
Arithmétique.	Hydrodynamique.	Poids et meſures.
Aſtronomie.	Mécanique.	Pſychologie.
Bactériologie.	Médecine.	Travaux publics.
Botanique.	Œuvres.	Zoologie.

Pour connaître tous les endroits où quelque ſujet eſt traité, on cherchera dans la Table l'article général auquel il appartient. On y trouvera, ſoit du ſujet même, ſoit d'un ſous-article qui devra y conduire, la nomenclature adoptée dans l'ordre alphabétique de la Table.

Les chiffres romains indiquent les pages de l'Avertiſſement, les chiffres arabes celles du Texte.

On a marqué chez les chiffres arabes d'un aſtériſque les endroits qui ont été jugés les plus importants.

L'article *Œuvres* ſe rapporte aux écrits de Huygens, ſoit publiés, ici ou ailleurs, ſoit ſeulement ébauchés.

Aberration chromatique. IX, XLVIII, LXXIV, CXXXVII, CLI; (voir *Achromaſie*, *Angle d'aberration chromatique*, *Cercle d'aberration chromatique*, *Chromatiſme des lentilles*, *Comparaiſon des deux aberrations*, *Diſperſion chromatique des rayons blancs*, *Influence de la clarté ſur l'effet de l'aberration chromatique*, *Lunettes catoptriques*: Aberration chromatique des miroirs en verre, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'une lunette*, *la diſtance focale de l'oculaire et le groſſiſſement*, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'un microſcope compoſé de deux lentilles et les diſtances focales de ces lentilles*, *Théorèmes généraux ſur l'aberration chromatique d'une lentille*).

Aberration sphérique. XLVIII, LII, LIII, LXXII, LXXVIII—LXXX, CXXVII, CXXXVII, 16*—19*, 82*—85*, 128, 129, 462, 463, 466, 467, 482—485, 488, 489, 751; (voir *Aberration sphérique latérale*, *Aberration sphérique longitudinale*, *Angle d'aberration sphérique*, *Comparaison des deux aberrations*, *Correction ou élimination de l'aberration sphérique*, *Définition de l'épaisseur mathématique d'une lentille, telle qu'elle est introduite dans les formules pour l'aberration sphérique*, *Effet sur l'aberration sphérique du retournement d'une lentille*, *Lentilles équivalentes*: Par rapport à la largeur, la distance focale et l'aberration sphérique, *Lunettes catoptriques*: Aberration sphérique, Détermination de l'ouverture, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'une lunette, la distance focale de l'oculaire et le grossissement*, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'un microscope composé de deux lentilles et les distances focales de ces lentilles*, *Théorèmes généraux sur l'aberration sphérique d'une lentille*).

Aberration sphérique latérale (voir *Angle d'aberration sphérique*, *Cercle d'aberration sphérique*).

Aberration sphérique longitudinale (voir *Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe*, *Aberration sphérique longitudinale des lentilles et des surfaces planes et sphériques pour un faisceau de rayons correspondant à un point donné*).

Aberration sphérique longitudinale des lentilles et des surfaces planes et sphériques pour un faisceau de rayons correspondant à un point donné. LIII, LXIII, LXIV, LXXIV—LXXVIII, CXXXVII. Formule générale pour une lentille. LXIII, LXXV—LXXVII, CXXXVII, 396*, 397*, 407, 422, 556*, 557*, 558—563, 632*. Lentille biconvexe. Cas général. 394*—396*. Lentille biconvexe symétrique. LXIV, 424*, 425*, 432*, 632*. Lentille planconvexe. LXIV, 405, 406*, 407*, 420*—423*, 428*, 429*, 618*, 619*. Surface plane. 401*, 402*, 404, 405, 418*, 420. Surface sphérique. LXIII, LXXV, LXXVI, 392*—394*, 397*—400*, 408—411.

Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe. Formules générales. LV—LVIII. Lentille biconcave. Cas général. 298*—301*, 320, 371*—374*. Lentille biconcave d'aberration minimale. 302*, 303, 320, 374, 375*. Lentille biconvexe. Cas général. 288*—291*, 360*—364*, 366—368, 416. Lentille biconvexe d'aberration minimale. LII, LIII, LIX, LXXX, CXV, 290*—293*, 294, 295, 320, 321, 326, 327, 348, 349, 366*, 367*, 413, 414, 416, 631*, 632*, 639, 771. Lentille biconvexe symétrique. LXXI, LXXIV, 290*, 291*, 348, 349, 365*, 387, 400, 405, 406, 415, 424, 425, 580, 581, 638, 640, 641, 642, 756. Lentille concavo-convexe. LVIII, 292*—295*, 364, 365, 368*—371*. Lentille convexo-concave. LVIII, 302*—307*, 320—323, 326—329, 364, 423, 424, 427, 429*—431*. Lentille planconcave. 296*—299*, 320. Lentille planconvexe. LII, LVI, LVIII, LXXII—LXXIV, XCVIII, CXXII, CXXIV, CXXV, CXXVIII, CXXXVI, CLIII, 82*, 83*, 282*—287*, 290, 291, 294, 295, 326, 327, 355*—360*, 365, 387, 402*—404*, 412, 415, 416, 419*, 420*, 424, 484, 485, 580, 581, 619, 620, 633, 635, 637, 641, 662, 670, 756.

Absorption de la lumière par les lentilles. CLI, CLVI, 811.

Accommodation. D'une lunette pour une distance quelconque. XLIX, 244, 245, 751*, (voir

Évaluation de la diſtance d'un objet par la détermination de la diſtance de ſon image au foyer de la lunette, *Problème d'Eſchinardo*). D'une lunette pour un œil quelconque. XLVIII, XLIX, LXXXV, 244*—247*, 442, 443, 444*, 445*, 751, 775*; (voir *Problème d'Eſchinardo*). D'un microſcope à un œil quelconque. 677*. Manière dont l'accommodation ſe fait dans l'œil. CXLVI, 132*, 133*, 136*, 137*, 228, 229, 235, 756*, 794*, 797, 829*, (voir *Beſicles*, *Genèſe de l'emmétropie*).

Achromasie. Des oculaires. L. Des objectifs. CXXXVII.

Acoustique. 756, 799, 835; (voir *Conformation de l'oreille et du ſens de l'ouïe*, *Porte-voix*).

Algèbre (voir *Emploi de l'analyſe algébrique par les anciens*, *Équations algébriques*, *Logarithmes*, *Maxima et minima*).

Anagrammes scientifiques. XX, XL, LIII, LXIV, LXV, 417.

Anatomie (voir *Cheveux*, *Circulation et conſtitution du ſang*, *Conformation de l'œil*, *Conformation de l'oreille et du ſens de l'ouïe*, *Diſſection d'un œil de femme par Pecquet*, *Éponges*, *Plumes*, *Pouſſière ſur les ailes des papillons*, *Préparation des objets pour le microſcope*, *Soie*, *Spermatozoïdes*). Anatomie des infuſoires. CXL; (voir *Infuſoires et bactéries*).

Angle d'aberration chromatique. XCVII, CIII, CXI, CXVI—CXXI, CXXIII, CXXV—CXXVII, CXXXII—CXXXV, 532*—535*, 538*, 539*, 540—547, 550, 551, 564, 565, 574—581, 625, 626*, 627*, 631, 633*, 634*, 636*, 639, 644—648, 651*, 652—654, 657, 658, 662, 664—670, 687, 688. Grandeur admiſſible. XCVII, XCVIII, 552*, 553*, 556*, 557*, 564, 565, 625*, 634*, 639, 651*.

Angle d'aberration sphérique. XCI—XCIII; XCVII, CXI, CXVI—CXXXII, CXXXV——CXXXVII, CLIV, CLVI—CLVIII, 532*—535*, 540*—543*, 550—553, 560, 561, 562*—565*, 570—577, 580, 581, 618*, 620*, 627*, 633*—643*, 648—650, 652*, 653*, 654—658, 662, 670—673, 687, 688. Grandeur admiſſible. XCVII, XCVIII, CXXIV, CXXV, CLVII, CLVIII, 560*—565*, 580, 581, 636*—641*, 643*, 653*, 654.

Anguilles du vinaigre. 524, 525, 700; (voir *Viviparité d'Anguilula aceti*).

Anneau oculaire (voir *Pupille de ſortie*).

Annotations pour faciliter la rédaction latine définitive de la „dioptrique". CXLIII, 774*, 777*, 781*, 782*.

Appel à Paris de Christiaan Huygens. VII.

Arc-en-ciel. IV, XIV, XV, 4, 8, 9, 10*—13*, 739, 747. Calcul du diamètre de l'arc-en-ciel primaire. XXVII, XXVIII, 146*—150*, 153*; de l'arc-en-ciel ſecondaire. XXIX, 163*——167*, 169*.

Arithmétique. 586. Algorithme de la diviſion appliqué par Huygens. 152*.

Astronomie. LXXXIV; (voir *Chronométrie*, *Détermination de la viteſſe de la lumière*, *Diamètre de la terre*, *Éclipſes*, *Étoiles fixes*, *Géodéſie*, *Images de la lune et du ſoleil qui ſemblent agrandies près de l'horizon*, *Inſtruments aſtronomiques*, *Lois de Kepler*, *Longitude*, *Lune*, *Obſervations céleſtes*, *Parallaxe*, *Planètes*, *Réfraction atmoſphérique*, *Satellites*, *Soleil*, *Syſtèmes du monde*, *Voie lactée*).

Atomistique (voir *Conſtitution de la matière*, *Mouvement Brownien*, *Philoſophie*).

Bactériologie. (voir *Hygiène*, *Infuſoires et bactéries*).

Besicles. CXLV, 436, 740, 747. Adaptation à un œil donné. XXVI, 136*—139*. Avantage des lentilles à aberration minimale. 302*, 303*, 375. Besicles pour voir sous l'eau. XXV. 138*—141*. Invention des besicles. 747*, 836, 837*.

Binocles. CLXI, CLXII.

Botanique (voir *Bactériologie*, *Champignons microscopiques*, *Génération des animaux et des plantes*, *Pollen des fleurs*, *Préparation des objets pour le microscope*).

Cause de ce qu'on voit les choses droites et non renversées. CXLVI, CXLVII, 134, 135, 745*, 829*.

Caustiques. 777; (voir *Diacaustiques*).

Centrage des lentilles. 777, 835*.

Cercle (voir *Cercle d'aberration chromatique*, *Cercle d'aberration sphérique*, *Lieu des points dont les distances à deux points fixes sont dans un rapport donné*; *sens dans lequel ce rapport change à l'intérieur et à l'extérieur du lieu*, *Œuvres*: Theoremata de Quadratura hyperboles, ellipsis et circuli, De Circuli Magnitudine inventa, Contributions aux Commentaires de van Schooten sur la Geometria Renati Descartes).

Cercle d'aberration chromatique. XCIV, XCVI—XCIX, CIV, 484*, 485*, 487*, 544. Distribution de la clarté dans le cercle d'aberration chromatique. XCVI, 487*, 629*.

Cercle d'aberration sphérique. LXVII, LXIX—LXXIII, LXXIX, 314*—317*, 340*, 341*, 344*, 345*, 379—382, 386, 388, 538*, 539*. Cercle du plus fort rétrécissement. LXXI—LXXIII, 315*, 390*, 391*. Distribution de la clarté dans le cercle d'aberration sphérique. 629*.

Chaleur (voir *Influence de la chaleur sur l'indice de réfraction*, *Infusoires et bactéries*: Action de la chaleur et du froid sur les infusoires, *Miroirs brûlants*).

Chambre obscure. 118, 119, 122—125, 315, 340, 341, 777, 792.

Champ de vision. 230*, 231; (voir *Champ de vision de l'œil nu*, *Champ de vision des lunettes*, *Champ de vision des microscopes*).

Champ de vision de l'œil nu. CXLV, 800*, 801*.

Champ de vision des lunettes. L, LI, LXXXIX, 196*, 197*, 262*—265*, 266, 267, 468, 469, 751, 821*. Lunettes à deux lentilles convexes. LXIII, LXXXVII, 330, 331, 456*—459*, 751, 831*; cas où la pupille de l'œil est réduite à un point. 457*, 609*—613*. Lunettes à deux lentilles dont l'une est concave. LXIII, LXXXVI, LXXXVII, 262, 263, 318, 319, 338, 339, 450*—453*, 458*—461*, 751, 831*, 834*. Lunettes à miroir plan. 266, 267. Lunettes à quatre lentilles (arrangement de Campani). 259*, 264, 470*—473*, 600*. Lunettes à trois lentilles à images droites. 259*, 262*, 263, 468, 469. Lunettes à trois lentilles à images renversées. 252*, 253*, 462, 463, 464*—467*, 618*—620*, 752.

Champ de vision des microscopes. CX, CXV, 522*, 523*, 650*, 678*, 679*, 684, 685, 774; (voir *Profondeur de la couche de la vision distincte sous le microscope*).

Champignons microscopiques. 700*, 701*, 706, 707, 709, 719.

Cheveux. Observations microscopiques des cheveux. CXXXVIII, 684, 734.

Chimie. 587; (voir *Atomistique*, *Cire*, *Constitution du lait*, *Invention de la poudre à canon*, *Urine*).

CHROMATISME DES LENTILLES ET DES LUNETTES. VIII. L, LXV, LXVI, LXXIV, LXXIX, LXXXIX, CXXXVII, 262, 563, 264*, 265*, 272*, 273*, 282*, 283*, 333, 351, 409*, 466*—469*, 472*, 473*, 486*, 487*, 739, 751, 756*, 777, 805; (voir *Aberration chromatique*, *Achromasie*, *Dispersion chromatique des rayons blancs* : Par une lentille).

CHRONOMÉTRIE (voir *Horloge*).

CIRCULATION ET CONSTITUTION DU SANG. 522*, 523*, 698*, 720*, 721, 842, 843*, 903*.

CIRE. 524, 525.

CLARTÉ DES IMAGES (voir *Influence de la clarté sur l'effet de l'aberration chromatique*). Dans les lunettes. LXVI—LXVIII, LXXX, XCIII, XCIX, CLIV, CLV, 250—253, 330, 331, 332*—337*, 338—343, 381, 383, 450*, 451*, 458—461, 480*—483*, 751, 826; (voir *Observations diurnes* : Condition différente des observations dans une maison et en plein air). Dans les microscopes. LXVII, CXI, CXII, CXVI, CXX, CXXII, CXXV, CXXXII, CXXXIII, CXXXVI, 336*—339*, 530—533, 536—539, 542, 543, 546—549, 568—573, 576, 577, 637, 645—647, 649, 656, 657, 664—672; (voir *Éclairage des objets sous le microscope*).

COMPARAISON DES DEUX ABERRATIONS. LXXXII, XCII, XCIV—XCVIII, 273*, 274*, 484*—487*, 489*, 532*, 564, 624, 625*, 629*—631*, 633*, 634*, 636*, 639*, 652*, 653*.

COMPARAISON DU GROSSISSEMENT D'UN SYSTÈME DE DEUX LENTILLES AVEC CELUI D'UN CORPS SOLIDE REMPLISSANT TOUT L'INTERVALLE ET TERMINÉ PAR DEUX SURFACES SPHÉRIQUES. XLII, 224*—229*, 771*.

CONDITIONS D'INVISIBILITÉ DES DÉFAUTS DES LENTILLES. L, 252, 253, 256*, 257*, 462, 463, 677*.

CONFORMATION DE L'ŒIL. XXV, CI, CXLIII—CXLVI, 128*—135*, 138—140, 229, 315, 334, 335, 490, 491, 506, 507, 622, 738, 740, 741, 744*, 745*, 756*, 770, 780*, 781* 787*—790*, 792*—799*, 829, 830; (voir *Accommodation* : Manière dont l'accommodation se fait dans l'œil, *Cause de ce qu'on voit les choses droites et non renversées*, *Champ de vision de l'œil nu*, *Diamètre de la pupille de l'œil*, *Dissection d'un œil de femme par Pecquet*, *Distance de la vision distincte*, *Œil simplifié*, *Rôle dans la vision de la rétine ou de la choroïde*, *Vision binoculaire*). Conformation de l'œil de l'hippopotame et des amphibies. 139*.

CONFORMATION DE L'OREILLE ET DU SENS DE L'OUÏE. 756, 799*.

CONIQUES (voir *Cercle*, *Ellipse*, *Hyperbole*, *Parabole*).

CONSTITUTION DE LA MATIÈRE. 749*, 757*.

CONSTITUTION DU LAIT. 524*, 525*, 698*, 699. Explication de la blancheur du lait. 524*, 525*, 698*.

CORRECTION DE L'ABERRATION SPHÉRIQUE DE L'OBJECTIF PAR CELLE DE L'OCULAIRE. VIII, XLVII—LXII, LXV, LXXIX, XCII, XCIII, 302*, 303*, 318*—333*, 338, 339, 341*, 409, 643*, 756*.

CORRECTION DE L'ABERRATION SPHÉRIQUE PAR L'ADJONCTION À LA LENTILLE CONVEXE DE L'OBJECTIF D'UNE LENTILLE AUXILIAIRE CONCAVE. VIII, XLVII, LIII, LXII—LXVI, LXXIX, 333*, 408*—432*, 756*.

CORRECTION DU DÉFAUT DE NETTETÉ D'UNE IMAGE À L'AIDE D'UN PETIT TROU DANS UN ÉCRAN

OU D'UNE LENTILLE PLACÉE DEVANT L'ŒIL. XXX, 172*—175*, 192, 193, 226, 227, 235*, 236*, 444, 445.

CORRECTION OU ÉLIMINATION DE L'ABERRATION SPHÉRIQUE (voir *Correction de l'aberration sphérique de l'objectif par celle de l'oculaire, Correction de l'aberration sphérique par l'adjonction à la lentille convexe de l'objectif d'une lentille auxiliaire concave, Lentilles aplanatiques à surfaces sphériques, Lentilles hyperboliques et elliptiques*).

COULEURS (voir *Chromatisme des lentilles et des lunettes, Théorie de la lumière et des couleurs de Newton*).

COURBES (voir *Caustiques, Cercle, Coniques, Ovales de Descartes*).

DÉFAUTS DES LENTILLES. 462, 463; (voir *Conditions d'invisibilité des défauts des lentilles*). Examen expérimental des défauts d'une lentille. 171*, 482, 483.

DÉFINITION DE L'ÉPAISSEUR MATHÉMATIQUE D'UNE LENTILLE, TELLE QU'ELLE EST INTRODUITE DANS LES FORMULES POUR L'ABERRATION SPHÉRIQUE. LIII—LV, LXXVII, LXXVIII, 276*, 277*, 412, 568; (voir *Relation entre la distance focale, la largeur et l'épaisseur d'une lentille*).

DÉFINITION DES POINTS DE CONCOURS ET DE DISPERSION. XV, XVI, XX, XXI, LI, 16*—19*, 762, 770, 771, 778.

DÉMONSTRATION PAR DE FERMAT DE LA LOI DE LA RÉFRACTION. XXXVII.

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE. 140, 141, 742, 835*.

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES RAYONS DE COURBURE DES SURFACES D'UNE LENTILLE. XXIX, 157*—159*, 170*, 171*.

DIACAUSTIQUES. Diacaustique du cercle pour le cas de rayons parallèles. XXVIII, 777*, 779*, 801*.

DIAMÈTRE APPARENT DES PLANÈTES. 438, 439, 472*, 473*, 590, 774.

DIAMÈTRE DE LA PUPILLE DE L'ŒIL. XCIII, XCIV, 134, 135, 330*, 331*, 334*, 335*, 451*, 452, 453, 482, 483, 631.

DIAMÈTRE DE LA TERRE. 451*.

DIAPHRAGMES DANS LES LUNETTES. Donnant au champ une limite circulaire nette. LXXXIX, XC, 259*, 264, 472*, 473*, 608, 751, 774*, 775, 826*, 833, 836; (voir *Invention du micromètre des lunettes*). Pour empêcher la lumière qui tombe sur les parois du tube de pénétrer dans l'œil. X, C, 603*—607*, 752*, 774*.

DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE. XLVIII, C, CI—CIV, CXII, CXIII, 504*—507*, 695*, 696*. Comparaison de l'effet de la diffraction à celui de l'aberration chromatique. CIII, CIV. Rôle de la diffraction dans les lunettes. CIII, 504*—507*, 614*, 697*; dans les microscopes. CXII, CXIII, 516, 517, 532*, 533*, 542*, 543*, 548*—551*, 574*, 575*, 646*—648*, 650*, 656, 695*.

DIMENSION DU FAISCEAU LUMINEUX PARTANT D'UN POINT DE L'OBJET À SON ENTRÉE DANS L'OCULAIRE OU DANS LA PUPILLE DE L'ŒIL. LXXX, XCIII, XCIV, CXVI, CXX, CXXIII, CXXV, 330*, 331*, 614*, 619*, 646*; (voir *Diffraction de la lumière, Pupille de sortie*).

DISPERSION CHROMATIQUE DES RAYONS BLANCS (voir *Aberration chromatique*). Égalité pour deux rayons correspondants. 486*, 487*. Par une lame à faces parallèles. 482, 483. Par une lentille. XCVII, XCVIII, 484*—487*, 505*, 506*, 629*, 631*, 777*. Par un miroir sphé-

rique de matière transparente (voir *Lunettes catoptriques*: Aberration chromatique des miroirs en verre). Par un prisme. 482*, 483*, 484—487.

Dissection d'un œil de femme par pecquet. CXLIV, CXLVI, 787*—790*.

Distance de la vision distincte. XXVI, CVIII, 136*—139*, 246, 247, 337, 514*, 515*, 518, 519, 528*—531*, 576, 577, 793.

Distance focale des lentilles. XV, XVI, XIX, XX, XXI, 80*, 81*, 86*—93*, 94, 95, 518, 519, 744, 770, 828*; (voir *Définition des points de concours et de dispersion*, *Lentilles équivalentes*, *Méthode de Hooke pour allonger la distance focale de l'objectif*, *Relation entre la distance focale, la largeur et l'épaisseur d'une lentille*). Lentille biconvexe symétrique. XIX, 88*, 89*. Lentille formée par une hémisphère. 828, 829*; par une sphère entière. XVII, CIX, 78*—81*, 516*, 517*, 690, 691, 828, 829*. Lentilles planconvexes et planconcaves. 80*—85*, 104—107, 827.

Distorsion des images. L, LI, LXXXVIII—XCII, 264*, 265*, 468*, 469*, 615*—620*, 643*, 771, 821*, 831*.

Dynamique. Théorèmes fondamentaux. XXXVII, XXXIX.

Éclairage des objets sous le microscope. LXVII, CIX, CX, CXII—CXIV, CXVI, CXLII, 338*, 339*, 516, 517, 520*, 521*, 522, 523, 532, 533, 625*, 628*, 646, 679*, 680*, 685*, 686*, 690*, 691*—694*, 696*. Éclairage à fond noir. CXLII, 699, 710*.

Éclipses. 775.

Effet de l'intervertissement dans le microscope de l'objectif et de l'oculaire. XL CXXXI, CXXXII, 526*, 527*, 542, 544, 545, 637*, 656*—659*, 662*.

Effet sur l'aberration sphérique du retournement d'une lentille. LVIII, LIX, LXXIV, CXXV, CXXXVII, 284—287, 292, 293, 562*—565*, 652*.

Ellipse (voir *Lentilles hyperboliques et elliptiques*, *Œuvres*: Theoremata de Quadratura hyperboles, ellipsis et circuli).

Emploi de l'analyse algébrique par les anciens. 753*.

Emploi des lunettes comme instruments de visée. 739, 740, 772, 774*; (voir *Diaphragmes dans les lunettes*, *Œuvres*: Nouvelle invention d'un niveau à lunette, Démonstration de la justesse du niveau, *Télémètres*).

Éponges. Observation microscopique des éponges. 684.

Équations algébriques. 150, 151, 167.

Éther cosmique. 749*, 756.

Étoiles fixes. 589; (voir *Observation des étoiles faibles et des satellites de Jupiter et de Saturne*, *Voie lactée*).

Évaluation de la distance d'un objet par la détermination de la distance de son image au foyer de la lunette. 836, 843*.

Fabrication de boulettes sphériques pour des microscopes. CVII, CIX, 520*, 521*, 691.

Fabrication des lentilles. XLVI, XLVII, LXV, LXVI, LXXXI, LXXXII, CXIII, CXXVI, CXXXVII, 330, 331, 409*, 440, 441, 450, 451, 589, 676, 688*, 696, 739, 743, 836; (voir *Défauts des lentilles*, *Fabrication de boulettes sphériques pour des microscopes*,

Lentilles et lunettes fabriquées par les frères Huygens, *Œuvres*: Commentarii de formandis poliendisque vitris ad telescopia).

FABRICATION ET POLISSAGE DES MIROIRS DES LUNETTES CATOPTRIQUES. CLI, CLXI, 806*, 816*—818*.

FÉCONDITÉ SUPERFLUE DE LA NATURE. 526*, 527*.

GÉNÉRATION DES ANIMAUX ET DES PLANTES. CXL, CXLI, 526*, 527*, 703*, 704*, 711*, 713*, 730*, 735*, 736*; (voir *Fécondité superflue de la nature*, *Génération spontanée*, *Infusoires et bactéries*: Origine et reproduction, *Spermatozoïdes*, *Viviparité de l'Anguillula aceti*).

GÉNÉRATION SPONTANÉE. CXL, CXLI, 524*, 525*, 718*, 719*, 725*, 726*, 730*.

GENÈSE DE L'EMMÉTROPIE. CXLIV, 756*.

GÉODÉSIE. 774; (voir *Diamètre de la terre*, *Emploi des lunettes comme instruments de visée*, *Longitude*, *Niveau*, *Observations diurnes*, *Poids et mesures*, *Réfraction atmosphérique*, *Télémètres*).

GÉOGRAPHIE (voir *Géodésie*).

GÉOMÉTRIE. 586, 587; (voir *Courbes*, *Géométrie différentielle*, *Indivisibles*, *Maxima et minima*, *Méthodes de démonstration des anciens*, *Sphère*, *Triangle*).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. Théorèmes de géométrie différentielle servant de base aux calculs sur l'aberration sphérique. LIX, 272*—277*.

GRANDEUR APPARENTE DES IMAGES (voir *Grossissement*). Définition de la grandeur apparente des images dans le cas où la vision est confuse. XXIX—XXXI, XLIII, 174*, 175*, 235*, 236*.

GRANDEUR DIFFÉRENTE DES DEUX IMAGES FORMÉES PAR LES DEUX SURFACES D'UN MIROIR SPHÉRIQUE EN VERRE. CLIX—CLXI, 812*, 813*.

GROSSISSEMENT (voir *Grandeur apparente des images*, *Grossissement des lunettes*, *Grossissement des microscopes*, *Pupille de sortie*, *Théorie de Descartes sur le grossissement des lunettes*). D'une lentille. XXIV, XXV, XXIX, XXX, XL—XLIII, 122*—125*, 172*—187*, 200—203, 206*, 207*, 208—217, 218*—223*, 237*, 514, 515, 771, 822, 823, 827*, 831* (voir *Maxima et minima*). D'un système de deux lentilles. XXX, XL, XLIII, XLIX, LXXIV, 186*—197*, 202—207, 220, 242, 440, 441; (voir *Comparaison du grossissement d'un système de deux lentilles avec celui d'un corps solide remplissant tout l'intervalle et terminé par deux surfaces sphériques*). D'un système quelconque centré. XXXVIII—XL, XCLIV, XCLIX, 232*, 233*; (voir *Théorème de Huygens sur l'invariabilité du grossissement en cas d'intervertissement des positions de l'œil et de l'objet*).

GROSSISSEMENT DES LUNETTES. 440*, 441*, 587*, 589*, 739, 740, 743*, 746*, 747*, 750, 757, 771, 782, 827. Limite du grossissement des lunettes. 332*—337*, 480*, 481*, 697*; (voir *Lune*: Grandeur des objets visibles dans la lune). Lunettes à deux lentilles convexes. XLIII, XXIV, XLVIII, XLIX, LXXXIV—LXXXVII, CLIV, CLVI, 186, 187, 196*, 197*, 332—337, 344, 345, 350, 351, 440*, 441*, 454*—461*, 480, 481, 595, 597, 757*, 772—774, 827*, 828, 832*, 833, 834*; (voir *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'une lunette*, *la distance focale de l'oculaire et le grossissement*). Lunettes à deux lentilles dont l'une est concave. XCLIII, XLIV, XLVIII, LXXXIV—LXXXVI, 186, 187, 190*—193*, 440*—451*, 460*, 461*, 480*, 481*, 594, 595, 596*, 597*,

747*, 757*, 774, 777, 827, 833, 834*. Lunettes à quatre lentilles (arrangement de Campani). 470*, 471*, 601, 751. Lunettes à trois lentilles à images droites. 258*—263*, 271*. Lunettes à trois lentilles à images renverſées. 254*—257*, 462*—467*, 613*, 614*. Lunettes catoptriques. CLII, CLIV—CLVII, CLIX, 775*, 812, 813*.

Grossissement des microscopes. XXXIX, XL, CVIII, CIX, CXIII, CXV, CXVI, CXX, CXXXII—CXXXIV, 336*—339*, 514*—519*, 528*, 529*, 656*, 657*, 678*, 679*, 687, 757, 771, 773, 782 (voir *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'un microſcope compoſé de deux lentilles et les diſtances focales de ces lentilles*). Limite du groſſiſſement. CXII, CXIII, CXXVI, CXXVII, CXXIX, CXXXIV, CXXXVII, 532*—535*, 542*, 543*, 550*, 551*, 554, 555, 556*, 557*, 564*, 565*, 568*, 569*, 572*—575*, 578*, 579*, 653*, 654*, 665*, 668, 670, 687*, 696*, 697*.

Horloge (voir *Longitude*, *Œuvres:* Horologium, Horologium oſcillatorium).

Hydrodynamique (voir *Mouvement de circulation ſous le microſcope*).

Hygiène (voir *Bactériologie*, *Infuſoires et bactéries:* Diſtribution des bactéries dans l'atmoſphère d'après les ſaiſons et d'après l'état vicié de l'air).

Hyperbole. 805, (voir *Lentilles hyperboliques et elliptiques*, *Œuvres*: Theoremata de Quadratura hyperboles, ellipſis et circuli).

Illusion du fond qui s'élève dans un vase rempli d'eau. CXLVIII, 4, 6*—9*.

Images de la lune et du soleil qui semblent agrandies près de l'horizon. 4.

Images des objets qui se trouvent hors de l'axe d'une lentille. XXIV, 110*—119*, 122—125, 822 (voir *Propriété du centre optique d'une lentille*).

Indivisibles. Méthode des indiviſibles. 753.

Influence de la chaleur sur l'indice de réfraction. 739*.

Influence de la clarté sur l'effet de l'aberration chromatique. 502*—505*.

Infusoires et bactéries. CXXXIX—CXLI, 524*, 525*, 684, 699*—719*, 721*—732*. Action de la chaleur et du froid ſur les infuſoires. CXLI, 716*, 717*, 732. Date de la découverte des bactéries. CXL, 702*, 703*. Diſtribution des bactéries dans l'atmoſphère d'après les ſaiſons et d'après l'état vicié de l'air. 524*, 525*. Diſtribution des infuſoires dans les infuſions. 711*. Hypothèſe ſur la manière de ſe mouvoir des infuſoires. 710*. Obſervations ſur les héliozoaires 731*; ſur les rotatoires. CXL, 728*, 731*; ſur les vorticelles. CXL, 716*, 717, 718*, 719, 726*—728*, 730*. Origine et reproduction. CXL, 524*, 525*, 703, 704, 711, 713*, 718*, 719*, 725*, 726*, 730*.

Instruments astronomiques (voir *Géodéſie*, *Horloge*, *Lunettes*).

Intentionalité dans la nature. 132—135; 744, 745, 756*, 793, 796, 797*—799*.

Invention de la poudre à canon. 839*.

Invention du micromètre des lunettes. XC, 473*, 751, 774*, 775, 826, 833.

Invention du microscope. CVII, 512*, 513*, 748, 840*.

Invention du télescope. LXXXIV, 264, 434*—439*, 512, 513, 586*, 588*, 589*, 591*—593*, 737, 738, 740, 748—750, 780*, 837*, 838*, 840*.

Jupiter. Satellites de Jupiter. 438, 439, 589, 841. Taches et rotation. 438, 439, 590, 748.

Lanterne magique. 772*, 786*, 834.

Lentilles (voir *Aberration chromatique*, *Aberration sphérique*, *Absorption de la lumière par les lentilles*, *Centrage des lentilles*, *Chromatisme des lentilles et des lunettes*, *Défauts des lentilles*, *Définition de l'épaisseur mathématique d'une lentille telle qu'elle est introduite dans les formules pour l'aberration sphérique*, *Détermination expérimentale des rayons de courbure des surfaces d'une lentille*, *Distance focale des lentilles*, *Fabrication des lentilles*, *Grossissement*, *Images des objets qui se trouvent hors de l'axe d'une lentille*, *Lentilles aplanatiques à surfaces sphériques*, *Lentilles d'aberration minimale*, *Lentilles de même espèce*, *Lentilles équivalentes*, *Lentilles et lunettes fabriquées par les frères Huygens*, *Lentilles formées par une hémisphère*, *Lentilles formées par une sphère entière*, *Lentilles hyperboliques et elliptiques*, *Lentilles planconvexes ou planconcaves*, *Lentilles symétriques*, *Lieu que nous assignons aux images formées par les lentilles ou par les miroirs*, *Point de concours après deux réfractions et une réflexion des rayons parallèles tombant sur une lentille*, *Point de confusion*, *Points nodaux d'une lentille*, *Pro-blèmes divers sur les surfaces réfringentes et sur les lentilles*, *Propriété du centre optique d'une lentille*). Relation entre les distances de l'image et du point lumineux. XV—XVII, XIX—XXIII, CLXIII, 98*—109*, 244, 245, 248, 249, 263, 433, 744, 746, 781*, 782*, 822—824, 825*, 827, 843*, 844*.

Lentilles aplanatiques à surfaces sphériques. IV, XVIII, XX, XXVI, XLVI—XLVIII, 64*—67*, 766*, 767* (voir *Œuvres*: Contributions aux Commentaires de van Schooten sur la Geometria Renati Descartes: Cas particulier des ovales de Descartes où ils deviennent des cercles).

Lentilles d'aberration minimale (voir *Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe*, *Beficles*).

Lentilles de même espèce. Définition. LVII, LXVIII, LXXII, LXXXIII, 314*, 315*, 379. Propriétés. LVII, 314*, 315*, 316, 317, 340—343, 379—384.

Lentilles équivalentes. Par rapport à la largeur, la distance focale et l'aberration sphérique. 290*, 291*, 365*, 367, 368, 370*, 416. Par rapport à la distance focale seulement. XVIII, XIX, XXII, XXVI, 96*, 97*, 108*—110*, 431.

Lentilles et lunettes fabriquées par les frères Huygens. XLVI, XLVII, LXVI, LXXXVII, LXXXVIII, XC, CVI, 253, 334*, 438, 439, 440*, 441*, 586*, 587*, 603*, 607*, 674*, 675*, 841; (voir *Fabrication de boulettes sphériques pour des microscopes*, *Lunettes à miroir plan*, *Lunettes catoptriques fabriquées par Christiaan Huygens*). Machines des frères Huygens pour la fabrication des lentilles. 264, 440*, 441*, 816.

Lentilles formées par une hémisphère (voir *Distance focale des lentilles*).

Lentilles formées par une sphère entière. CIX, 516*, 517*, 678*, 690*—694* (voir *Distance focale des lentilles*, *Microscopes simples à boulettes sphériques*).

Lentilles hyperboliques et elliptiques. XLVII, LIX, CLI, 302, 303, 318, 319, 330—332, 333*, 408, 409, 413, 417, 686, 739, 741*, 743, 751, 755, 780*, 806.

Lentilles planconvexes ou planconcaves. 348, 349, 751; (voir *Aberration sphérique longitudinale des lentilles et des surfaces planes et sphériques pour un faisceau de rayons correspondant à un point donné*, *Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe. Distance focale des lentilles*).

LENTILLES SYMÉTRIQUES. 348, 349; (voir *Aberration sphérique longitudinale des lentilles et des surfaces planes et sphériques pour un faisceau de rayons correspondant à un point donné*, *Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe*, *Distance focale des lentilles*).

LIEU DES POINTS DONT LES DISTANCES À DEUX POINTS FIXES SONT DANS UN RAPPORT DONNÉ; SENS DANS LEQUEL CE RAPPORT CHANGE À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE CE LIEU. 30—33, 56, 57, 755, 757, 758*.

LIEU QUE NOUS ASSIGNONS AUX IMAGES FORMÉES PAR LES LENTILLES OU PAR LES MIROIRS. CXLVIII—CL, 745*, 771*, 775*, 776*, 779*, 780*, 830*—833*.

LOGARITHMES. 346—349, 383—384.

LOIS DE KEPLER. 841, 842.

LONGITUDE. Détermination de la longitude par les horloges. VI.

LUMINOSITÉ RELATIVE DES PLANÈTES ET DE LA LUNE. 506*—509*.

LUNE. 438, 439, 589; (voir *Éclipses*, *Images de la lune et du soleil qui semblent agrandies près de l'horizon*, *Luminosité relative des planètes et de la lune*, *Observation des planètes et de la lune*). Grandeur des objets visibles dans la lune. 602*.

LUNETTES. XII, XLVII—XLIX, LXVII, LXXXIV, 438*, 439*, 586*, 587*, 588—590, 603, 604, 737, 738, 739*, 740, 741, 747, 750, 755, 757, 770, 771, 777, 782*, 826, 829*; (voir *Aberration sphérique*, *Accommodation*, *Champ de vision des lunettes*, *Chromatisme des lentilles et des lunettes*, *Clarté des images*, *Diaphragmes dans les lunettes*, *Diffraction de la lumière*, *Dimension du faisceau lumineux partant d'un point de l'objet à son entrée dans l'oculaire ou dans la pupille de l'œil*, *Distorsion des images*, *Emploi des lunettes comme instruments de visée*, *Grossissement des lunettes*, *Invention du micromètre des lunettes*, *Invention du télescope*, *Lentilles et lunettes fabriquées par les frères Huygens*, *Lunettes à deux lentilles convexes*, *Lunettes à deux lentilles dont l'une est concave*, *Lunettes à miroir plan*, *Lunettes à plus de deux lentilles*, *Lunettes catoptriques*, *Lunettes sans tuyaux*, *Montage des lunettes*, *Netteté des images*, *Observations célestes*, *Observations diurnes*, *Oculaires et objectifs composés*, *Pupille de sortie*, *Théorie de Descartes sur le grossissement des lunettes*).

LUNETTES À DEUX LENTILLES CONVEXES. À images droites. 460*, 461*, 594. Keplériennes. XLVIII, LXII, LXIII, LXXIX, LXXXIII, 186, 187, 196, 197, 220, 244—250, 264*, 318, 319, 332, 333, 338*, 339*, 454*—461*, 468, 488—511, 590, 595, 598, 633, 636, 638—641, 750, 825*, 826*, 829, 831, 834; (voir *Champ de vision des lunettes*, *Grossissement des lunettes*, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'une lunette*, *la distance focale de l'oculaire et le grossissement*).

LUNETTES À DEUX LENTILLES DONT L'UNE EST CONCAVE. XLVIII, LXII, LXIII, LXXXIII, XCIII, 186, 187, 190*, 191*, 192, 193, 196, 197, 220, 244—249, 251, 262*, 263*, 264, 330—333, 338*, 339*, 436—439, 442*—453*, 458*—461*, 468, 492—495, 594, 595, 598, 599, 630, 631, 638, 640—643, 750, 834; (voir *Champ de vision des lunettes*, *Correction de l'aberration sphérique de l'objectif par celle de l'oculaire*, *Grossissement des lunettes*, *Lunettes très courtes à oculaire concave*),

LUNETTES À CINQ OU PLUS DE CINQ LENTILLES. 262—267, 468, 469, 598, 599.

LUNETTES à MIROIR PLAN. XLVIII, LI, LXXXVIII, 258, 259, 264*—269*, 600*, 601; (voir *Champ de vision des lunettes*).

LUNETTES à PLUS DE DEUX LENTILLES (voir *Lunettes à cinq ou plus de cinq lentilles*, *Lunettes à quatre lentilles*, *Lunettes à trois lentilles à images droites*, *Lunettes à trois lentilles à images renversées*, *Oculaires et objectifs composés*).

LUNETTES à QUATRE LENTILLES. 262, 263, 590*, 599. Arrangement de Campani. LI, LXXXVIII—XCI, CVI, 259, 264, 460*, 461*, 468*—473*, 497, 503, 598, 600*—602*, 607*—609*, 615*, 616*, 751, 771, 774; (voir *Champ de vision des lunettes*, *Grossissement des lunettes*).

LUNETTES à TROIS LENTILLES à IMAGES DROITES. LI, LXXXVIII, LXXXIX, 258*, 259*, 271*, 460*, 461*, 468*, 469*, 590*, 598, 771, 774; (voir *Champ de vision des lunettes*, *Grossissement des lunettes*).

LUNETTES à TROIS LENTILLES à IMAGES RENVERSÉES. LXXXVIII, LXXXIX, 252*—259*, 460*—467*, 468, 598, 613*, 614, 618*—620*, 752, 771, 774; (voir *Champ de vision des lunettes*, *Grossissement des lunettes*, *Oculaire de Huygens*).

LUNETTES CATOPTRIQUES. X, CLI—CLXII, 740, 741, 755, 772, 775, 803*—819*; (voir *Fabrication et polissage des miroirs des lunettes catoptriques*, *Grossissement des lunettes*: Lunettes catoptriques, *Lunettes catoptriques fabriquées par Christiaan Huygens*). Aberration sphérique. CLI—CLIV, CLVI—CLVIII, 805*, 806*, 814*, 818*, 819*. Détermination de l'ouverture. CLIII—CLVIII, 814*, 818, 819. Lunette de Cassegrain. CLII, 803*, 804*. Lunette de Gregory. CLII, 803*, 804*. Lunettes catoptriques à miroir en verre. CLI, CLII, CLVIII—CLXI, 772*, 805*—819; (voir *Grandeur différente des deux images formées par les deux surfaces d'un miroir sphérique en verre*, *Situation relative des deux images dans les lunettes catoptriques à miroir en verre*); aberration chromatique des miroirs en verre. CLX, CLXI, 808*, 809*.

LUNETTES CATOPTRIQUES FABRIQUÉES PAR CHRISTIAAN HUYGENS. CLI, CLII, CLXI, CLXII, 805*, 806*, 816*—818*.

LUNETTES SANS TUYAUX (voir *Œuvres*: Astroscopia compendiaria).

LUNETTES TRÈS COURTES à OCULAIRE CONCAVE. CLXII, CLXIII, 460*, 461*, 772*, 821*, 822—824; (voir *Problème d'Eschinardo*).

MACHINES (voir *Invention de la poudre à canon*, *Lentilles et lunettes fabriquées par les frères Huygens*: Machines des frères Huygens pour la fabrication des lentilles, *Montage des lunettes*).

MAGNÉTISME. Cause du magnétisme. 708*.

MARS. 842. Taches et rotation. 438, 439, 590, 748.

MAXIMA ET MINIMA. XXVII, XXVIII, XXXVII, 148*, 149*, 166*, 167*; (voir *Aberration sphérique longitudinale des lentilles pour des rayons parallèles à l'axe*: Lentille biconcave d'aberration minimale, Lentille biconvexe d'aberration minimale, *Démonstration par De Fermat de la loi de la réfraction*, *Méthode de De Fermat pour les maxima et les minima*, *Propriété minimale des rayons de lumière*, *Règle de Hudde pour trouver la valeur maximum d'une fraction algébrique*). Maximum ou minimum du grossissement d'une lentille pour des positions données de l'œil et de l'objet. XLI, 206*, 207*, 208—217, 218*, 219*, 220, 221, 828*.

MÉCANIQUE (voir *Dynamique*, *Hydrodynamique*, *Machines*, *Méthode de démonstration dans la physique mathématique et dans la mécanique*).

MÉDECINE (voir *Bactériologie*, *Hygiène*).

MERCURE (voir *Passage de Vénus et de Mercure sur le soleil*).

MÉTHODE DE DE FERMAT POUR LES MAXIMA ET LES MINIMA. XXVIII, 158*, 149*.

MÉTHODE DE HOOKE POUR ALLONGER LA DISTANCE FOCALE DE L'OBJECTIF. 835*, 836*.

MÉTHODES DE DÉMONSTRATION DANS LA PHYSIQUE MATHÉMATIQUE ET DANS LA MÉCANIQUE. 753*.

MÉTHODES DE DÉMONSTRATION DES ANCIENS. V, 746, 752*, 753*.

MICROSCOPES. V, XLVI, XLVII, LXVII, 186, 187, 265, 282, 283, 512, 513, 738—740, 747, 757, 772, 782*, 834, 842*; (voir *Accomodation*, *Champ de vision des microscopes*, *Clarté des images*, *Diffraction de la lumière*, *Dimension du faisceau lumineux partant d'un point de l'objet à son entrée dans l'oculaire ou dans la pupille de l'œil*, *Éclairage des objets sous le microscope*, *Grossissement des microscopes*, *Invention du microscope*, *Microscopes composés*, *Microscopes fabriqués par les frères Huygens*, *Microscopes simples à boulettes sphériques*, *Microscopes simples à lentilles*, *Observations microscopiques*, *Profondeur de la couche de la vision distincte sous le microscope*, *Pupille de sortie*).

MICROSCOPES COMPOSÉS. 196*, 197*, 336, 337, 695, 697*; (voir *Microscopes composés à deux lentilles*, *Microscopes composés à trois lentilles*).

MICROSCOPES COMPOSÉS À DEUX LENTILLES. XCVI, XCVII, CIV—CVII, CXIII—CXV, CXXXVIII, CXLIII, 526*—529*, 534*—557*, 560*—565*, 568*—585*, 626—628, 631, 632, 634—637, 674*, 675*, 686, 687, 695, 696, 772, 774*, 834, 840; (voir *Effet de l'intervertissement dans le microscope de l'objectif et de l'oculaire*, *Règles pour déterminer le diamètre de l'ouverture de l'objectif d'un microscope composé de deux lentilles et les distances focales de ces lentilles*).

MICROSCOPES COMPOSÉS À TROIS LENTILLES. CXIV, 632*, 676*, 677*, 690*.

MICROSCOPES FABRIQUÉS PAR LES FRÈRES HUYGENS (voir *Microscopes simples à boulettes sphériques*). Microscope à trois lentilles CXIV, 677*. Microscope étalon de Christiaan Huygens. CXVII, CXXIV, CXXV, CXXVIII—CXXX, CXXXIII—CXXXVI, 548*, 549*, 552*—557*, 560*—565*, 572—575, 582—585, 634*—637*, 651*, 652*, 667—672. Premiers microscopes des frères Huygens. CIV—CVI, CXIII, CXIV, 674*—676*.

MICROSCOPES SIMPLES À BOULETTES SPHÉRIQUES. CVI, CVII, CIX, CX, CXII, CXIII, CXXXIX, CXLI, 514*—523*, 526*, 527*, 678*—685*, 690*—694*, 696*, 697*, 703, 714, 715, 717, 772, 774; (voir *Distance focale des lentilles*: Lentille formée par une sphère entière, *Fabrication de boulettes sphériques pour des microscopes*).

MICROSCOPES SIMPLES À LENTILLES. CVII—CXIII, CXXXIX, CXLI, 514*—519*, 526, 527, 530*—533*, 625, 627*, 628*, 632, 634*, 686, 690*—694*, 696, 697*, 722, 744, 903*. Relation entre les ouvertures et les distances focales. CX, CXI, 530*—533*, 624*, 625*, 687, 772.

MIROIRS. 4, 437, 738, 740; (voir *Lieu que nous assignons aux images formées par les lentilles ou par les miroirs*, *Lunettes à miroir plan*, *Lunettes catoptriques*, *Miroirs brûlants*). Doubles images des miroirs plans. 817*. Miroirs paraboliques. CLI, 804.

MIROIRS BRÛLANTS. 4.

MONTAGE DES LUNETTES (voir *Œuvres*: Aſtroſcopia compendiaria).

MOUVEMENT BROWNIEN. 705*, 706*.

MOUVEMENT DE CIRCULATION SOUS LE MICROSCOPE. 707, 708*, 709*.

NETTETÉ DES IMAGES. LXVII, LXVIII, LXXI, XCII, XCV, 332, 333, 340*, 341*, 342—345, 387*, 388*, 777* (voir *Aberration chromatique*, *Aberration ſphérique*, *Correction du défaut de netteté d'une image à l'aide d'un petit trou dans un écran ou d'une lentille placée devant l'œil*, *Diffraction de la lumière*).

NIVEAU (voir *Œuvres*: Nouvelle invention d'un niveau à lunette, Démonſtration de la juſteſſe du niveau).

OBJECTIFS COMPOSÉS DES LUNETTES (voir *Correction de l'aberration ſphérique par l'adjonction à la lentille convexe de l'objectif d'une lentille auxiliaire concave*, *Méthode de Hooke pour allonger la diſtance focale de l'objectif*).

OBSERVATION DES ÉTOILES FAIBLES ET DES SATELLITES DE JUPITER ET DE SATURNE. C, 510*, 511*, 609*, 610*, 643, 778.

OBSERVATION DES PLANÈTES ET DE LA LUNE. XCIII, C, CI, CII, 498*, 502*, 503*, 506*—509*, 510, 511, 753*, 774, 833*.

OBSERVATION DES TACHES DU SOLEIL À L'AIDE D'UNE LUNETTE. XLIX, L, 246*—253*, 752, 772, 775.

OBSERVATIONS CÉLESTES. 450, 451, 460, 461, 748, 774, 775, 841; (voir *Lune*, *Lunettes*, *Obſervation des étoiles faibles et des ſatellites de Jupiter et de Saturne*, *Planètes*, *Soleil*).

OBSERVATIONS DIURNES. XCIII, XCIX, C, CIII, 480*, 481*, 498*, 499*, 502*—505*, 556*, 557*, 615*, 633, 636, 640, 752. Condition différente des obſervations dans une maiſon et en plein air. 460, 461, 614*, 643.

OBSERVATIONS ET THÉORIES DES ANCIENS SUR LA RÉFRACTION ET SUR LA THÉORIE DE LA VISION. CLXII, 2*—5*, 738, 740, 747, 772*, 779*, 791*, 792*, 834.

OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES. CVI, CVII, CIX, CXII—CXIV, CXXXVIII—CXLII, 522*——527*, 684—686, 698*—736*, 774; (voir *Anguilles du vinaigre*, *Champignons microſcopiques*, *Cheveux*, *Circulation et conſtitution du ſang*, *Cire*, *Conſtitution du lait*, *Éponges*, *Infuſoires et bactéries*, *Microſcopes*, *Mouvement brownien*, *Mouvement de circulation ſous le microſcope*, *Plumes*, *Pollen des fleurs*, *Pouſſière ſur les ailes des papillons*, *Préparation des objets pour le microſcope*, *Soie*, *Spermatozoïdes*).

OCULAIRE COMPOSÉ DE DEUX LENTILLES CONTIGUES. 253*.

OCULAIRE DE CAMPANI (voir *Lunettes à quatre lentilles*: Arrangement de Campani).

OCULAIRE DE HUYGENS. XLIX, L, LXXXVIII, LXXXIX, XCII, 252*—255*, 335, 462*——467*, 497.

OCULAIRES ET OBJECTIFS COMPOSÉS (voir *Achromaſie*, *Objectifs composés des lunettes*, *Oculaire compoſé de deux lentilles contigues*, *Oculaire de Campani*, *Oculaire de Huygens*).

ŒIL SIMPLIFIÉ. CXLIV, CXLV, 128*—131*, 793*, 794*, 800*—802*.

ŒUVRES. *Theoremata de Quadratura hyperboles, ellipſis et circuli*. 2.

De Circuli Magnitudine inventa. V, 2.

De Saturni luna obſervatio nova. LXX, 438, 439, 510, 511, 586, 590, 738, 740, 841*.

Horologium. V.

Systema Saturnium. V, XLIV, XC, 253, 335, 435, 438, 439, 472*, 473*, 586, 589, 590*, 738, 740, 748, 826, 832, 836, 841.

Contributions aux Commentaires de van Schooten sur la Geometria Renati Descartes. Cas particulier des ovales de Descartes où ils deviennent des cercles. XVIII, XX, XXVI, 48*, 49*, 62*—65*, 68*—75*, 78*, 79*, 394*, 399, 400, 746, 755, 766*, 767*, 784, 785*.

Relation d'une observation d'un Halo ou Couronne à l'entour du Soleil. 741*.

Extrait d'une Lettre touchant la lunette catoptrique de M. Newton. 804, 806.

Réflexions sur la description d'une Lunette publiée sous le nom de M. Cassegrain. 803*.

Horologium oscillatorium. VII.

Nouvelle invention d'un niveau à lunette. X, 2*, 739, 752, 753, 772, 774, 843.

Démonstration de la justesse du niveau. X, 2*, 752, 753, 772, 774, 843.

Astroscopia compendiaria. X, LXXXIV, 436, 440*, 441*, 589, 750, 752, 753, 774*, 806, 835*.

Cosmotheoros. XLIV.

Traité de la lumière. VII, X, XI, XXV, XXXVII, CII, CXLII, CXLIII, 117, 140, 141, 276, 738*, 739, 741, 743, 745, 747, 749, 750, 752, 754*, 757, 766, 770, 772, 773, 778, 779, 834*.

Dissertatio de Coronis et Parheliis. X, 2*, 12, 13, 739, 741*, 753, 757, 772*.

Commentarii de formandis poliendisque vitris ad telescopia. 171, 441*, 816.

Descriptio automati planetarii. 835*.

Dioptrica (Genèse et Histoire. III—XIII, XXII, LXXXII, LXXXVIII, XC—XCII, XCVI—XCVIII, CV, CXXXVIII, CXLII, CXLIII, 2*, 186*, 505*, 512, 737*—782*, 832*; Tables de Concordance. CLXIV—CLXVII).

Pars prima. Tractatus de refractione et telescopiis. III—VII, XIII—LII, LXXXV—LXXXVIII, CV, CXLIV, 2*—269*, 587, 737, 746, 748*, 750*, 753, 754*—770*, 772, 791.

Pars secunda. De aberratione radiorum ex foco. VI, VII, XX, XLV, LII—LXXXIII, 83*, 272*—353*.

Rejecta ex dioptricis nostris. IX, XII, LXXXII, LXXXIII, XCII, XCV, 273*, 274, 314*—353*, 379*—388*, 540*.

Pars tertia. De telescopiis et microscopiis. V, IX, XI, XII, XLVIII, LXXXIII—CXLIII, 244, 245, 253, 264, 265, 267, 434*—585*.

Premier Complément à la „Dioptrique": Projets divers pour l'arrangement des matières dans la „Dioptrique" et brouillons d'une préface et d'autres parties. X, XI, XVIII, XXIII, CXLII, CXLIII, 737*—786*.

Deuxième Complément à la „Dioptrique": Recherches sur la conformation de l'œil et sur la théorie de la vision. CXLIII—CL, 787*—802*.

Troisième Complément a la „Dioptrique". Recherches sur les lunettes catoptriques. CLI—CLXII, 803*—819*.

Quatrième Complément à la „Dioptrique". Remarques critiques sur des ouvrages ou des travaux de dioptrique. XXII, CLXII, CLXIII, 820*—844*.

Optique. CLXII, CLXIII, 586; (voir *Aberration chromatique*, *Aberration sphérique*, *Absorption de la lumière par les lentilles*, *Accommodation*, *Arc-en-ciel*, *Besicles*, *Binocles*, *Caustiques*,

Chambre obſcure, *Champ de viſion*, *Conformation de l'œil*, *Conſtitution du lait*: Explication de la blancheur du lait, *Couleurs*, *Détermination de la viteſſe de la lumière*, *Diffraction de la lumière*, *Diſtorſion des images*, *Groſſiſſement*, *Lanterne magique*, *Lentilles*, *Lieu que nous aſſignons aux images formées par les lentilles ou les miroirs*, *Lunettes*, *Microſcopes*, *Miroirs*, *Netteté des images*, *Œuvres*: Relation d'une obſervation d'un Halo ou Couronne à l'entour du ſoleil, Traité de la lumière, Diſſertatio de Coronis et Parheliis, Dioptrica, *Point de concours ou de diſperſion d'un faiſceau de rayons*, *Propriétés générales des ſyſtèmes centrés*, *Propriétés générales des ſyſtèmes non-centrés*, *Réflexion*, *Réfraction*, *Réfraction double*, *Théorie de la lumière*, *Théorie de la viſion*).

Ovales de Descartes (voir *Œuvres*: Contributions aux Commentaires de van Schooten ſur la Geometria Renati Deſcartes).

Parabole (voir *Miroirs*: Miroirs paraboliques).

Parallaxe. Des planètes. 451*. Du Soleil. 451*.

Passages de Vénus et de Mercure sur le soleil. 775.

Philologie. 826; (voir *Annotations pour faciliter la rédaction latine définitive de la „Dioptrique"*).

Philosophie (voir *Atomiſtique*, *Conſtitution de la matière*, *Éther coſmique*, *Fécondité ſuperflue de la nature*, *Génération ſpontanée*, *Intentionalité dans la nature*, *Philoſophie cartéſienne*, *Philoſophie ſcolaſtique*, *Pſychologie*).

Philosophie cartésienne (voir *Théorie de Deſcartes ſur le groſſiſſement des lunettes*, *Théorie de la lumière*: De Deſcartes).

Philosophie scolastique. 826*, 827.

Physiologie (voir *Circulation et conſtitution du ſang*, *Conformation de l'œil*, *Conformation de l'oreille et du ſens de l'ouïe*, *Conſtitution du lait*, *Génération des animaux et des plantes*, *Genèſe de l'emmétropie*, *Infuſoires et bactéries*, *Pſychologie*, *Reſpiration*, *Théorie de la viſion*).

Physique 586, 587; (voir *Acouſtique*, *Atomiſtique*, *Chaleur*, *Conſtitution de la matière*, *Éther coſmique*, *Magnétiſme*, *Mouvement brownien*, *Optique*, *Phyſique mathématique*, *Vide de Torricelli*).

Physique mathématique (voir *Méthodes de démonſtration dans la phyſique mathématique et dans la mécanique*).

Planètes (voir *Diamètre apparent des planètes*, *Jupiter*, *Lois de Kepler*, *Luminoſité relative des planètes et de la lune*, *Mars*, *Mercure*, *Obſervation des planètes et de la lune*, *Œuvres*: Deſcriptio automati planetarii, *Parallaxe*, *Paſſages de Vénus et de Mercure ſur le soleil*, *Saturne*, *Vénus*).

Plumes. Obſervation microſcopique des plumes. 684.

Poids et mesures. CLV, 133*—135*, 497, 788*.

Point de concours après deux réfractions et une réflexion des rayons parallèles tombant sur une lentille. XXIX, 157*—159*.

Point de concours d'un faisceau de rayons parallèles tombant obliquement sur une surface sphérique réfringente. XXVIII, 798. 800*, 801*.

Point de concours ou de dispersion d'un faisceau de rayons (voir *Définition des points de concours et de diſperſion*, *Diſtance focale des lentilles*). Faiſceau concentrique après la réfraction par une ſurface plane. XVI, 6*, 8*, 18*—27*, 82, 83, 106—109, 744, 746, 755, 756,

769*, 770*. Faiſceau concentrique après la réfraction par une ſurface ſphérique. XVI, XIX, XX, 40*—77*, 80, 81, 86—93, 102, 103, 106, 107, 108*—113*, 744, 755*, 763*—768*, 783*—785*, 793 ; cas particulier où les rayons réfractés correſpondent exactement à un point unique (voir *Lentilles aplanatiques à ſurfaces ſphériques*). Faiſceau de rayons parallèles après la réfraction par une ſurface ſphérique. XVI, 32*—41*, 66, 67, 78—91, 112*, 113*, 743, 746, 755, 761*—763*; (voir *Point de concours d'un faiſceau de rayons parallèles tombant obliquement ſur une ſurface ſphérique réfringente*).

POINT DE CONFUSION. Pour une lentille donnée par rapport aux rayons ayant ſubi deux réfractions et une réflexion. XXIX, 170*, 171*. Pour un objet quelconque vu par une lentille ou un ſyſtème de lentilles. XLII, 173*, 174*, 230*, 231*.

POINT DIRIGEANT OU CORRESPONDANT (point conjugué de l'œil). 176*, 177*, 180*, 181—184, 185*, 192, 194—197, 200—227, 230, 231, 239—242.

POINTS NODAUX D'UNE LENTILLE. XXV, CXLIV.

POLLEN DES FLEURS. 524*, 525*, 684, 699*.

PORTE-VOIX. 804*, 805*.

POSITION DROITE OU RENVERSÉE DES IMAGES. XXXV, XXXVI, 175—187, 192, 193, 196, 197, 198*, 199*, 202, 203, 206*, 207*, 208, 209, 214—217, 220*—223*, 232*, 233*.

POUSSIÈRE SUR LES AILES DES PAPILLONS. 524*, 525*, 684.

PRÉPARATION DES OBJETS POUR LE MICROSCOPE. CXIV, CXLI, 522*, 523*, 685*, 686, 689*, 903.

PRINCIPE DE LA RÉVERSIBILITÉ DES MILIEUX ET DES RAYONS PARTICIPANT À LA RÉFRACTION. 12*—15*, 24*, 25*, 38—41, 72—77, 755*, 762*, 763*, 768*—770*.

PRINCIPE DE LA VOIE LA PLUS FACILE SUIVIE PAR LA LUMIÈRE. 834*.

PROBLÈME D'ESCHINARDO. CLXII, CLXIII, 821*—825*.

PROBLÈMES DIVERS SUR LES SURFACES RÉFRINGENTES ET SUR LES LENTILLES (voir *Problème d'Eſchinardo*). Conſtruire une lentille, la diſtance focale et l'un des rayons de courbure étant donnés. XVII, 94*, 95*. Conſtruire une ſurface ſphérique réfringente ou une lentille qui forme à un lieu donné l'image d'un objet donné. XVIII, 108*—111*.

PROFONDEUR DE LA COUCHE DE LA VISION DISTINCTE SOUS LE MICROSCOPE. CVI, CXXXVII—CXXXIX, 543*, 687*—689*, 692*—694*, 772*, 815*.

PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIÈRE. 737.

PROPRIÉTÉ DU CENTRE OPTIQUE D'UNE LENTILLE. XXII, XXIV, 118*—123*, 124, 125, 822.

PROPRIÉTÉ MINIMALE DES RAYONS DE LUMIÈRE. XXXVII ; (voir *Démonſtration par De Fermat de la loi de la réfraction*).

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SYSTÈMES CENTRÉS. XVII, XXII, XXXII—XXXIV, XXXVI, XXXVIII—XL, XLII, XLIII, XLV, LXXXVI, CVIII, 230*—233*, 263, 444*—447*, 454, 455, 456*, 457*, 656*, 657*, 691*, 744*, 828* ; (voir *Groſſiſſement:* D'un ſyſtème quelconque centré, *Point de confuſion*, *Point dirigeant ou correſpondant*, *Poſition droite ou renverſée des images*, *Théorème de Huygens ſur l'invariabilité du groſſiſſement en cas d'intervertiſſement de l'œil et de l'objet*).

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SYSTÈMES NON-CENTRÉS. XXXIV—XXXVI ; (voir *Principe*

de la voie la plus facile suivie par la lumière, Propriété minimale des rayons de lumière).

PSYCHOLOGIE. CXLVI—CL; (voir *Théorie de la vision*).

PUPILLE DE SORTIE (voir *Dimension du faisceau lumineux partant d'un point de l'objet à son entrée dans l'oculaire ou dans la pupille de l'œil*). Comme lieu où il faut placer l'œil chez les lunettes. XLIX, LI, LXXXVII, XCIII, XCIV, 196*, 197*, 254*—261*, 263, 266, 267, 456*, 457*; chez les microscopes. CXV, 528*, 529*, 534—537, 674*, 675*, 677*, 690, 772*, 773*. Relation entre le diamètre de la pupille de sortie et le grossissement. XXXVIII, XLIX, LII, 256*, 257*.

RÉFLEXION. 738, 742, 749*, 750*, 778, 779; (voir *Miroirs*). Angle de la réflexion totale. 144*, 145*. Cause de la réflexion. 757*. Loi de la réflexion. 4, 834.

RÉFRACTION. 737*, 738*, 742*; (voir *Arc-en-ciel, Besicles, Binocles, Dispersion chromatique des rayons blancs, Illusion du fond qui s'élève dans un vase rempli d'eau, Influence de la chaleur sur l'indice de réfraction, Lentilles, Lunettes, Microscopes, Observations et théories des anciens sur la réfraction et sur la théorie de la vision, Ovales de Descartes, Réflexion*: Angle de la réflexion totale, *Réfraction atmosphérique, Réfraction double, Réfraction par une seule surface, Réfraction par un prisme à angle très aigu*). Détermination de l'indice de réfraction. XIV, XV, XVII, XXVII, XCIV, 8*—11*, 14*—17*, 20, 21, 32—39, 80*, 81*, 144, 145*—156*, 160*——162*, 741*. Indice de réfraction de l'eau, XIV, XV, 6*, 7*, 10*, 11*, 128, 129, 344, 345, 772; du cristal. XV, 154; du verre. XV, 12*, 13*, 128, 129, 140, 141, 144*, 356, 367, 772, 827*, 829*. Indice de réfraction relatif. XXV, 5*, 124*—129*, 138*—141*. Loi de la refraction. XIV, XIX, XXXVII, 4*—9*, 238, 474*, 475*, 737*, 741*, 745*, 746*, 747, 760, 761, 772, 780*, 827, 834. Recherches de Kepler sur la loi de la réfraction. 6*, 7*, 741*, 746, 747, 780*.

RÉFRACTION ATMOSPHÉRIQUE. 4, 747, 752, 772.

RÉFRACTION DOUBLE. X, 739*, 743*, 772, 777*, 779, 834*.

RÉFRACTION PAR UNE SEULE SURFACE. XXI, 16*, 17*, 78*, 79*, 739, 743, 744, 746, 755*, 757, 759*—761*, 780*, 801*, 827*; (voir *Point de concours ou de dispersion d'un faisceau de rayons, Principe de la réversibilité des milieux et des rayons participant à la réfraction, Problèmes divers sur les surfaces réfringentes et sur les lentilles, Relation entre les petits angles des rayons incidents avant et après la réfraction, entre eux et avec la normale à la surface réfringente*).

RÉFRACTION PAR UN PRISME À ANGLE TRÈS AIGU. Égalité de l'angle d'entrée et de sortie de deux rayons qui font des angles suffisamment petits avec les normales aux faces. XLV, XCII, 238*, 239*, 342*—345*, 382, 474*—479*, 486*, 487*, 538, 539, 552, 553, 558, 559, 618, 619, 622, 624, 626, 662*, 665, 670, 771.

RÈGLE DE HUDDE POUR TROUVER LA VALEUR MAXIMUM D'UNE FRACTION ALGÉBRIQUE. 166*, 366, 367, 370, 374, 375, 391.

RÈGLES POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DE L'OUVERTURE DE L'OBJECTIF D'UNE LUNETTE, LA DISTANCE FOCALE DE L'OCULAIRE ET LE GROSSISSEMENT. Règles fondées sur la considération de l'aberration chromatique. IX, XI, LXVI, LXVII, LXXXI, LXXXII, XCII—XCVI, XCVIII—C, LXIV, CLIII, 343*, 344*, 350*, 351*, 468, 469, 472, 473, 480*—483*, 486*—511*, 546, 547, 613, 614, 621*—623*, 630, 638, 639, 643, 752, 771, 826, 833*.

Tableau. XCIV, XCVI, 496*—499*. Règles fondées ſur la conſidération de l'aberration ſphérique. VI, IX, XI, LXVI—LXXII, LXXXI—LXXXIII, XCV, CLV, CLVII, 338*—353*, 381—384, 385*, 386*, 428, 468, 469, 472, 473, 500, 621, 631, 639*, 641*, 643*, 826. Tableau. 350*—353*.

RÈGLES POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DE L'OUVERTURE DE L'OBJECTIF D'UN MICROSCOPE COMPOSÉ DE DEUX LENTILLES ET LES DISTANCES FOCALES DE CES LENTILLES. Règles fondées ſur la conſidération de l'aberration chromatique. CXIV—CXXI, CXXIII, CXXV—CXXVII, CXXXII—CXXXVII, 530*—557*, 564, 565, 576*—583*, 625*, 644*—648*, 663*——670*, 772, 833*. Règles fondées ſur la conſidération de l'aberration ſphérique. CXV——CXXXII, CXXXV—CXXXVII, 530*—539*, 540, 541, 542*, 543*, 550*, 551*, 556*, 557*, 560*—565*, 568*—577*, 580*—584*, 644, 648*—650*, 662*, 671*—673*, 772, 814.

RELATION ENTRE LA DISTANCE FOCALE, LA LARGEUR ET L'ÉPAISSEUR D'UNE LENTILLE. XIX, LVIII, 276*—281*, 325*, 412, 423, 427, 771*.

RELATION ENTRE LES PETITS ANGLES DES RAYONS INCIDENTS AVANT ET APRÈS LA RÉFRACTION, ENTRE EUX ET AVEC LA NORMALE à LA SURFACE RÉFRINGENTE. 344*, 345*, 382, 433*.

RESPIRATION. 726.

RÔLE DANS LA VISION DE LA RÉTINE OU DE LA CHOROÏDE. CI, CXLIV, 506, 795*, 829*.

SATELLITES (voir *Jupiter*, *Lune*, *Obſervation des étoiles faibles et des satellites de Jupiter et de Saturne*, *Saturne*).

SATURNE (voir *Œuvres*: De Saturni luna obſervatio nova, Syſtema Saturnium). Satellites de Caſſini. 438, 439, 590, 738, 740, 748, 841.

SITUATION RELATIVE DES DEUX IMAGES DANS LES LUNETTES CATOPTRIQUES à MIROIR EN VERRE. CLVIII—CLXI, 772*, 805*—807*, 809*—816*, 817, 818.

SOIE. Obſervation microſcopique. 684.

SOLEIL (voir *Éclipſes*, *Images de la lune et du ſoleil qui ſemblent agrandies près de l'horizon*, *Obſervation des taches du ſoleil à l'aide d'une lunette*, *Parallaxe*). Taches et rotation du ſoleil. 438, 439, 589.

SPERMATOZOÏDES. CXXXIX, 524*—527*, 698, 699, 702*, 733*—736*.

SPHÈRE (voir *Lentilles formées par une hémiſphère*, *Lentilles formées par une ſphère entière*).

SYSTÈMES DU MONDE. 739, 740. De Copernic 434*, 435*, 486, 588; (voir *Œuvres*: Cosmotheoros).

TÉLÉMÈTRES (voir *Évaluation de la diſtance d'un objet par la détermination de la diſtance de ſon image au foyer de la lunette*).

THÉORÈME DE HUYGENS SUR L'INVARIABILITÉ DU GROSSISSEMENT EN CAS D'INTERVERTISSEMENT DES POSITIONS DE L'ŒIL ET DE L'OBJET. XXXI—XLIII, XLVI, 198*—207*, 220, 237, 240*——242*, 254*—257*, 505*, 656*, 657*, 771.

THÉORÈMES GÉNÉRAUX SUR L'ABERRATION CHROMATIQUE D'UNE LENTILLE. CXXI, CXXII, CXXX—CXXXII, CXXXVII, 544*, 545*, 550*—553*, 556*—561*, 627, 655*, 657——660, 661*, 662*, 665, 670*.

THÉORÈMES GÉNÉRAUX SUR L'ABERRATION SPHÉRIQUE D'UNE LENTILLE. LIII, LVI, CXXI,

CXXII, CXXX--CXXXII, CXXXVII, 306*—309*, 310—313, 314*, 315*, 316, 317, 326, 327, 340*, 341*, 357, 358*, 359, 376*—378*, 379—381, 540*, 556*—561*, 564*——569*, 570, 571, 635*, 648, 649, 654*, 655—660, 661*, 662*, 670*, 771*.

Théorie de descartes sur le grossissement des lunettes. XLII, LXXXIV, LXXXV, 224*—229*, 440*, 441*, 450*, 451*, 587, 589, 774*, 782.

Théorie de la lumière (voir *Principe de la voie la plus facile suivie par la lumière. Propagation rectiligne de la lumière*, *Propriété minimale des rayons de lumière*, *Théorie de la lumière et des couleurs de Newton*, *Théorie ondulatoire de la lumière*). De Barrow 834*; de Descartes 742*; de Hooke 742*; de Molyneux 834*, 835.

Théorie de la lumière et des couleurs de newton. IX, XXXVII, 272*, 273*, 409*, 777.

Théorie de la vision XXV, CXLIII, 129, 134*, 135*, 696*, 738, 740, 741, 744*, 756*, 770, 790*—793*, 796*—799*; (voir *Cause de ce qu'on voit les choses droites et non renversées*, *Conformation de l'œil*, *Distance de la vue distincte*, *Illusion du fond qui s'élève dans un vase rempli d'eau*, *Images de la lune et du soleil qui semblent agrandies près de l'horizon*, *Lieu que nous assignons aux images formées par les lentilles ou par les miroirs*, *Observations et théories des anciens sur la réfraction et sur la théorie de la vision*, *Vision binoculaire*).

Théorie ondulatoire de la lumière. IX, X, XXV, XXXVII, CXLII, 117*, 737, 739*, 741*, 742*, 747, 749*, 750*, 757*, 772, 778*, 834*, 835; (voir *Œuvres:* Traité de la lumière).

Travaux publics (voir *Niveau*).

Triangle. Propriétés du triangle. 26—37, 758, 759.

Urine. Précipités microscopiques dans l'urine. 705, 707*, 719.

Vénus. 842; (voir *Passage de Vénus et de Mercure sur le soleil*). Diamètre apparent 438, 439. Phases de Vénus 438, 439, 589.

Vide de torricelli. 750, 757.

Vision binoculaire. X, CXLVIII, CXLIX, CL, 8*, 9*, 745*, 756*, 771, 775*, 779*, 780*, 794, 796*, 797*, 830, 844*; (voir *Illusion du fond qui s'élève dans un vase rempli d'eau*, *Lieu que nous assignons aux images formées par les lentilles ou les miroirs*). Distance dont on peut encore juger à l'aide des deux yeux. CL. Pourquoi on ne voit pas double en regardant avec les deux yeux. CXLV, CXLVI, CXLVIII, 796, 797.

Viviparité de l'anguillula aceti. CXL, 524*, 525*, 700*.

Voie lactée. 438, 439, 589.

Zoologie (voir *Anatomie*, *Anguilles du vinaigre*, *Cheveux*, *Cire*, *Éponges*, *Génération des animaux et des plantes*, *Infusoires et bactéries*, *Physiologie*, *Plumes*, *Poussière sur les ailes des papillons*, *Préparation des objets pour le microscope*, *Viviparité de l'Anguillula aceti*).

ADDITIONS ET CORRECTIONS.

À L'AVERTISSEMENT.

Page			*Au lieu de*	*lifez*
XIX	*note*	4 *lignes 6 et 8*	Excercitationes	Exercitationes

CVII „ 9 *Ajoutez à cette note:* Confultez encore fur une des caufes de cette méfiance la note 5 de la p. 698 du préfent Tome.

CXLI „ 4 *Ajoutez à cette note:* On trouve des renfeignements plus détaillés fur les microfcopes de Leeuwenhoek dans l'article de P. J. Haaxman „Antony van Leeuwenhoek. Gefchetft uit zijne brieven en andere bescheiden". Voir les pp. 9—10 et 21—26 du „Nederlandfch tijdfchrift voor geneefkunde, Tweede reeks, Zevende Jaargang, Tweede Afdeeling", 1871.

AU TEXTE.

49	*note*	3 *ligne 8*	partant d'un	correfpondant à un
72	*ligne*	4 *d'en bas*	le point D peut	le point D [Fig. 34] peut
73	„	6 „	punctum D ita	punctum D [Fig. 34] ita
78	„	5	AC : CS [Fig. 41]	AC : CS [Fig. 40]
79	„	„	„	„
166	„	3	$PM\left(\frac{a^3bx}{aaxx - bbxx - \overline{aabb}}\right)$	$PM\left(\frac{a^3bx}{aaxx - bbxx + \overline{aabb}}\right)$

187 *note* 3 *ligne 2 d'en bas* *Biffez:* convexes *et ajoutez vers la fin:* (voir les pp. 443—449, 455—461 et 527—531 du préfent Tome).

192	*ligne*	1 *d'en bas*	[Fig. 13—21]	Fig. [13—22]
193	„	„	„	„
194	„	5 „	[Fig. 18]	[Fig. 18 et 19]
195	„	3 „	„	„

195 *note* 3 *Remplacez la dernière phrafe de cette note par la fuivante:* Il s'agit de l'alinéa qui va fuivre; confultez la note 23 de la p. 773 du préfent Tome.

Page				*Au lieu de*	*lifez*
277	*note* 4	*ligne* 1 *d'en bas*		$d^2 = 8(r-1)ef$	$d^2 = 8(n-1)ef$
291	„ 5	„ 1		furtour	furtout
325	„ 5	*de la p.* 323 *ligne* 6		de le dernière	de la dernière
394	*ligne* 1	*d'en bas*		EN ^{3})	EN ^{3*})
394	*note* 3	*ligne* 1		^{3})EN + BN	^{3*}) EN + BN
402	„ 2	„ 1 *et* 2		des résultats obtenus dans les §§ 1, première partie, et 5 qui précedent. À l'aide de ces résultats	du résultat obtenu au § 5 qui précède. À l'aide de ce résultat
409	„ 2	„ 2		reproduite	indiquée
449—456	*en-têtes*			1685	1685—1692
449	*note* 1	*ligne* 1		p. 594	p. 596
451	*ligne* 4			liqeet	liquet
451	*note* 6	*ligne* 3 *d'en bas*		faltem $\frac{1}{444}$	faltem $\frac{1}{144}$
457	„ 3	„ 1		p. 609	p. 611
464	„ 2	*de la p.* 463 *ligne* 1 *d'en bas*		p. 611	p. 613
467	„ 7	*ligne* 2 *d'en bas*		p. 616—618	p. 618—620
469	„ 5	„ 2		p. 613—615	p. 615—617
470	„ 1	„ 1		p. 598—600	p. 600—602
470	„ „	„ 3		p. 605	p. 607
473	„ 4	„ 1 *d'en bas*		p. 599	p. 601
488	„ 1	, 2		p. 619—621	p. 621—623
503	„ 2	„ 2		p. 606	p. 608
506	*ligne* 11	*d'en bas*		eſt long de	eſt plus petit que
507	„ 8	„		intra	infra
532	*note* 3	*ligne* 2		annotatation	annotation
541	„ „	„ 1		note 4 de la p. 555	note 4 de la p. 554
607	„ „	„ 8		voir les pp. 411, 412,	voir les pp. 341, 411, 412,
620	„ 5	„ 8 *d'en bas*		note 3 de la p. 538	note 1 de la p. 540
676	*ligne* 2			[1645]	[1654]
751	*note* 25			La queſtion n'eſt pas traitée expreſſément dans la Dioptrique	Voir la p. 245.
752	„ 8	*ligne* 3		trouve	trouva
753	„ 15			du IX	du T. IX.
772	*ligne* 8			coronis ^{1})	coronis ^{2})
778	*note* 3	*ligne* 2		mentionnée	mentionné
814	*ligne* 1	*d'en bas*		ex tota	ex ſola

SOMMAIRE DES DEUX FASCICULES DU T. XIII.

PREMIER FASCICULE.

Avertissement I

Tables de concordance CLXIV

La dioptrique.

Première partie. Traité de la réfraction et des télescopes 2

Deuxième partie. De l'aberration des rayons hors du foyer 272

DEUXIÈME FASCICULE.

La dioptrique.

Troisième partie. Des télescopes et des microscopes 434

Premier complément. Projets divers pour l'arrangement des matières dans la „Dioptrique" et brouillons d'une préface et d'autres parties 737

Deuxième complément. Recherches sur la conformation de l'œil et sur la théorie de la vision 787

Troisième complément. Recherches sur les lunettes catoptriques 803

Quatrième complément. Remarques critiques sur des ouvrages ou des travaux de dioptrique 820

Tables.

I. Pièces et mémoires 847

II. Personnes mentionnées 866

III. Ouvrages cités 875

IV. Matières traitées 833

Additions et corrections 903

Bibliothèques
Université d'Ottawa
Echéance

Libraries
University of Ottawa
Date Due

CE

a39003 006145170b

Université d'Ottawa University of Ottawa
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 15 10 06 01 24 7